

ΛΕΙΦΟΡΟΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
2^Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΘΕΜΑ: «Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΟ ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΩΣ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΕΡΙΩΝΗ ΕΙΡΗΝΗ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ

ΒΟΛΟΣ 2017

Η αύξηση των ολικών αζωτούχων ουσιών στο σιτάρι και η επίδραση της μεταβολής στη χρήση του ως πρώτη ύλη ζωοτροφών.

**Τριμελής Επιτροπή
Καθηγητής Ν. Δαναλάτος (Επιβλέπων)
Καθηγήτρια Α. Δημηρικού
Επίκουρος Καθηγητής Ι. Καραπαναγιωτίδης**

**Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος
Φυτόκο 38446, Βόλος, Ελλάδα
Σεπτέμβριος, 2017**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	σελ.
8	
Περίληψη	σελ.
9	
Κεφάλαιο 1 ^ο	σελ.
10	
Εισαγωγή	σελ.
10	
1. Σίτος	σελ.
10	
1.1 Ιστορικά στοιχεία και η εξέλιξη του σίτου	σελ.
10	
1.2 Γενετική ταξινόμηση σίτου	σελ.
11	
1.3 Μορφολογικά γνωρίσματα	σελ.
12	
1.3.1 Ριζικό σύστημα	σελ.
12	
1.3.2 Βλαστοί	σελ.
12	
1.3.3 Φύλλα	σελ.
13	
1.3.4 Στάχυς	σελ. 13
1.3.5 Καρποί	σελ.
13	
1.4 Βοτανικά χαρακτηριστικά	σελ.
14	
1.5 Οικολογικές απαιτήσεις	σελ.
15	

1.5.1 Έδαφος	σελ.
15	
1.5.2 Κλίμα	σελ.
16	
1.6 Καλλιεργητικές φροντίδες	σελ.
16	
1.6.1 Αμειψισπορά	σελ.
16	
1.6.2 Κατεργασία εδάφους	σελ.
17	
1.6.3 Λίπανση	σελ.
17	
1.6.4 Σπορά	σελ.
18	
1.6.5 Περιποιήσεις	σελ.
18	
1.6.6 Συγκομιδή – Αποθήκευση	σελ.
18	
1.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου σίτου	σελ.
19	
1.7.1 Αλεστική ποιότητα	σελ.
19	
1.7.2 Αρτοποιητική ικανότητα	σελ.
20	
1.7.3 Πρωτεΐνη	σελ.
20	
1.8 Οικονομική σημασία	σελ.
21	
1.9 Η χρήση του σίτου ως ζωοτροφή	σελ.
22	
1.9.1 Ο μαλακός σίτος	σελ.
23	
1.9.2 Ο σκληρός σίτος	σελ.
24	

1.9.3 Υποπροϊόντα μαλακού σίτου	σελ.
25	
1.10 Η σημασία της περιεκτικότητας και της ποιότητας πρωτεΐνης στη ζωοτροφή	σελ.
25	
1.10.1 Σύσταση και είδη ζωοτροφών	σελ.
25	
1.10.2 Αμινοξέα και πρωτεΐνες	σελ.
26	
1.10.3 Απαιτήσεις σε πρωτεΐνη	σελ.
27	
1.10.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τις απαιτήσεις	σελ.
28	
1.10.5 Απαιτήσεις σε αμινοξέα	σελ.
29	
1.10.6 Βέλτιστη πρωτεΐνη	σελ.
31	
1.10.7 Διατροφικές απαιτήσεις ειδών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα	σελ.
33	
1.11 Η περιεκτικότητα και η ποιότητα του σίτου σε πρωτεΐνη	σελ.
34	
1.11.1 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών στο σίτο - Μέθοδος Kjeldahl	σελ. 35
1.12 Η περιεκτικότητα του σίτου σε έλαιο, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία	σελ.
36	
Σκοπός	σελ.
39	
Κεφάλαιο 2^ο	σελ.
40	
Υλικά και μέθοδοι	σελ.
40	
2. Διεξαγωγή πειράματος	σελ.
40	

2.1 Λιπάσματα διαχείρισης compo	σελ.
40	
2.2 Διεξαγωγή διαχειρίσεων	σελ.
42	
2.3 Κοπή – Ξήρανση – Άλεση – Ζύγιση	σελ.
44	
2.4 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών	σελ.
46	
2.4.1 Μέθοδος Kjeldahl	σελ.
46	
2.4.2 Αντιδραστήρια	σελ.
46	
2.4.3 Μεθοδολογία	σελ.
46	
2.4.3.1 Προετοιμασία δειγμάτων	σελ.
46	
2.4.3.2 Πέψη	σελ.
47	
2.4.3.3 Απόσταξη	σελ.
48	
2.4.3.4 Τιτλοδότηση	σελ.
48	
2.4.4 Υπολογισμός αζωτούχων ουσιών	σελ.
49	
Κεφάλαιο 3^ο	σελ.
51	
Αποτελέσματα	σελ.
51	
3. Αποτελέσματα πειραματικής ανάλυσης	σελ.
51	
3.1 Καθαρά βάρη δειγμάτων μετά τη ξήρανση και προσδιορισμός υγρασίας	σελ.
51	

3.2 Προσδιορισμός ml HCL τιτλοδότησης	σελ.
53	
3.3 Στατιστική ανάλυση του πειράματος	σελ.
54	
3.3.1 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 1^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
54	
3.3.2 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 2^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
56	
3.3.3 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 3^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
58	
3.4 Μεταβολή ποσοστού πρωτεΐνης ανά μεταχείριση και σταδίου ανάπτυξης σίτου	σελ.
60	
3.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων	σελ.
61	
3.6 Συζήτηση	σελ.
62	
Βιβλιογραφία	σελ.
63	
Ελληνική βιβλιογραφία	σελ.
63	
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	σελ.
64	
Διαδικτυακή βιβλιογραφία	σελ.
66	

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Η ταξινόμηση των ειδών σιταριού (γένος <i>Triticum</i>)	σελ.
12	
Πίνακας 2. Περιεκτικότητα σπόρου σε θρεπτικά στοιχεία	σελ.
21	
Πίνακας 3. Κατάταξη αμινοξέων	σελ.
30	
Πίνακας 4. Βέλτιστη πρωτεΐνη για χοίρους και πτηνά	σελ.
32	
Πίνακας 5. Διατροφικές απαιτήσεις ειδών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα στις ζωοτροφές των οποίων συμπεριλαμβάνεται ο σίτος	σελ. 33
Πίνακας 6. Ποιότητα πρωτεΐνης σε σίτο	σελ.
35	
Πίνακας 7. Λιπαρά οξέα, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία σίτου	σελ.
36	
Πίνακας 8. Προσδιορισμός πρωτεΐνης 1 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
49	
Πίνακας 9. Προσδιορισμός πρωτεΐνης 2 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
50	
Πίνακας 10. Προσδιορισμός πρωτεΐνης 3 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
51	

Πίνακας 11. Καθαρό βάρος μετά τη ξήρανση	σελ.
51	
Πίνακας 12. Προσδιορισμός υγρασίας δειγμάτων 2 ^{ης} και 3 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
52	
Πίνακας 13. Προσδιορισμός βάρους δείγματος για τιτλοδότηση	σελ.
53	
Πίνακας 14. Αποτελέσματα τιτλοδότησης 1 ^{ης} , 2 ^{ης} , 3 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
53	
Πίνακας 15. Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 1 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
54	
Πίνακας 16. Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 2 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
56	
Πίνακας 17. Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 3 ^{ης} δειγματοληψίας	σελ.
58	
Πίνακας 18. Ποσοστό πρωτεΐνης ανά μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης φυτού	σελ.
60	

ΕΙΚΟΝΕΣ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Εικόνα 1. Ελλειμματική σύνθεση αμινοξέων, δεν καλύπτονται οι ανάγκες των ζώων εκτροφής	
σελ. 33	
Εικόνα 2. Ιδανική σύνθεση αμινοξέων, καλύπτονται πλήρως οι ανάγκες των ζώων εκτροφής	
σελ. 33	
Εικόνα 3. Διεξαγωγή διαχειρίσεων στο χωράφι	σελ.
45	

Εικόνα 4. Όργανα προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών δειγμάτων

σελ.

49

Εικόνα 5 – Γράφημα. Διάγραμμα μεταβολής αζωτούχων ουσιών ανά στάδιο ανάπτυξης σίτου και μεταχείρισης της καλλιέργειας

σελ.

61

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού διπλώματος σπουδών, στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, υπό την εποπτεία του Καθηγητή κ. Δαναλάτου Νικόλαου, διδάσκοντα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τον οποίο και

ευχαριστώ θερμά. Οι γνώσεις και παρατηρήσεις του υπήρξαν καθοριστικά στοιχεία σε όλη τη διάρκεια συγγραφής της συγκεκριμένης εργασίας.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή στη Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών κ. Καραπαναγιωτίδη Ιωάννη, την κα. Δημήρκου Ανθούλα Καθηγήτρια Εδαφολογίας καθώς επίσης και τον κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο μέλος Ε.ΔΙ.Π, Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τον χρόνο που διέθεσαν για τη διόρθωση και τις παρατηρήσεις στη διατριβή μου. Η βοήθεια που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της διατριβής ήταν πολύτιμη.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για την ψυχολογική συμπαράσταση και την στήριξη τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, αφορά τον προσδιορισμό συγκεκριμένων μεταχειρίσεων στη καλλιέργεια του σίτου, επιδιώκοντας στην αύξηση των ολικών αζωτούχων ουσιών του και στη

περεταίρω χρήση του ως πρώτη ύλη ζωοτροφών. Ξεκινώντας με τη γενετική ταξινόμηση και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους εν συνεχεία καταλήγουμε στις πρακτικές που εφαρμόζονται, καθώς επίσης και στις ιδιομορφίες και απαιτήσεις όσο αφορά τις μεταχειρίσεις που παρουσιάζει η καλλιέργεια στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης της.

Η διατριβή εστιάζει στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και συγκεκριμένα στη πρωτεΐνη που αποτελείται το φυτό και αποδεικνύεται πως είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις συνθήκες ανάπτυξης του και τις επεμβάσεις στη καλλιέργεια του. Επίσης αναλύεται η σημασία, ο ρόλος και η λειτουργικότητα της πρωτεΐνης στον οργανισμό των ζώων καθώς επίσης και η αιτία που αποτελεί κύριο παράγοντα διαμόρφωσης και ποιότητας σιτηρεσίου. Επιπρόσθετα επεξηγούνται οι λόγοι που επιλέγεται κατά βάση το σιτάρι από τη βιομηχανία ως πηγή φυτικής πρωτεΐνης και ενέργειας στο σιτηρέσιο. Τέλος γίνεται σύνδεση της βέλτιστης αλληλουχίας αμινοξέων στο σιτάρι και της άμεσης επέκτασης που έχει στη ποιότητα και περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε πρωτεΐνη καθώς επίσης και στη δυνατότητα απορρόφησης της από τον οργανισμό του ζώου.

Στη συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιούνται τρεις καταστροφικές δειγματοληψίες και τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις έτσι ώστε να παρατηρηθεί αν και κατά πόσον η μεταβολή του φαινολογικού σταδίου του φυτού και η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων στη καλλιέργεια του επιδρούν στη διαφοροποίηση των ολικών αζωτούχων ουσιών του και στη χρήση του ως πρώτη ύλη σιτηρεσίου.

Ο προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων πραγματοποιήθηκε εργαστηριακά με τη μέθοδο Kjeldahl και η ορθότητα και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δειγματοληψίας έγινε με την εφαρμογή της μεθόδου παραλλακτικότητας - ANOVA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.Σίτος

1.1 Ιστορικά στοιχεία και η εξέλιξη του σίτου

Το σιτάρι καλλιεργείται σε περισσότερα από 250 εκατομμύρια εκτάρια σε όλο τον κόσμο (Harlan, 1981). Οι πρόγονοι του προέρχονται από μια περιοχή κατά μήκος της ακτής της Μεσογείου. Ωστόσο ότι εξαπλώθηκε η καλλιέργεια του σε όλο τον κόσμο δεν αποτελεί τυχαίο γεγονός εφόσον αποτελεί κύριο είδος διατροφής του ανθρώπου. Η ιστορία του σίτου και του ανθρώπινου πολιτισμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους εδώ και τουλάχιστον 10000 χρόνια. Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές η καλλιέργεια του τοποθετείται γύρω στο 15.000 π.Χ. (Harlan, 1981).

Αρχαιολογικές ανασκαφές που παρουσιάστηκαν στη Μέση Ανατολή και τη Βαλκανική Χερσόνησο έδειξαν ευρήματα που κατατάσσονται στα τετραπλοειδή *T. parvicoccum* (Kislev, 1980) και χρονολογούνται από 8900 έως 7000 π.Χ. Η έναρξη της καλλιέργειας του σκληρού σίτου στη Βαλκανική Χερσόνησο κυμαίνεται από το 2.500-2.000 π.Χ. Στη χώρα μας η παρουσία του επιβεβαιώνεται από σπόρους νεολιθικών οικισμών Διμήνι και Σέσκλου στην περιοχή του Βόλου. Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού για το συγκεκριμένο είδος (Ινστιτούτο Σιτηρών, 2012). Για 40 αιώνες το σιτάρι και τα προϊόντα που προκύπτουν από αυτό αποτελούν κύρια είδη διατροφής του ανθρώπου και τα τελευταία έτη η συμβολή του στη βιομηχανία ζωοτροφών είναι τεράστιας οικονομικής σημασίας.

Το σιτάρι αποτελεί ένα αγρωστώδες που εντάσσεται στην οικογένεια *Graminae* Adans. Φυλογενετικά και ταξινομικά ανήκει στην υποομάδα ή φυλή *Triticeae* Dumont, στην οποία έχει προσδώσει και την ονομασία του. Η οικογένεια *Graminae* (αγρωστώδη) εξελίχθηκε πριν από 50-70 εκατομμύρια χρόνια (Huang et al., 2002).

Άγρια διπλοειδή σιτάρια διασταυρώθηκαν με το πρόγονο του γονιδιώματος B, όπου αποτελεί τον πλησιέστερο συγγενή (*Aegilops speltioides*) 300000-500000 έτη πριν (Huang et al., 2002), για την παραγωγή του δίκοκκου σίτου (*T. dicoccoides*). Με τη καλλιέργεια του άγριου δίκοκκου σίτου και μέσω της επιλογής σταδιακά δημιουργήθηκε το καλλιεργούμενο δίκοκκο σιτάρι (*T. dicoccum*), όπου αυθόρμητα διασταυρώθηκε με το *Ae. tauschii* και προέκυψε το *T.spelta*. Μία φυσική όμως μετάλλαξη άλλαξε τα στάχυα, τόσο του δίκοκκου όσο και του *T.spelta*, σε έναν τύπο με μεγαλύτερη ευκολία στον αλωνισμό, που αργότερα εξελίχθηκε στο ελεύθερο αλώνισμα του μαλακού και σκληρού σίτου. Παρ' όλα αυτά μια πρόσφατα πειραματικά δεδομένα αποδεικνύουν πως το *T.spelta* δεν είναι η προγονική μορφή του χαρακτηριστικού αυτού (Dvorak et al., 2006). Ο μαλακός σίτος *T. aestivum* πρωτοπαρουσιάστηκε το 4.000π.Χ. από τον *T. spelta* μέσω φυσικής επιλογής (Dvorak et

αλ., 2012). Το είδος *T. durum* είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σκληρό σιτάρι, εντάσσεται στους ανοιξιάτικους τύπους και αρχικά αναπτύχθηκε στις παραμεσόγειες περιοχές. Οι στάχεις του είναι συμπαγείς, με στενή όψη, πεπλατυσμένες πλευρές. Επιπρόσθετα αποτελείται από δύο σειρές στάχων και το κάθε σταχίδιο έχει 2-4 σπόρους με πολλούς αλευρόκοκκους και 5-7 άνθη. Ο σπόρος συνήθως χρησιμοποιείται για Παρασκευή ζυμαρικών, μπισκότων, ζωοτροφών αλλά και άλλων προϊόντων. Το είδος *T. aestivum* το οποίο συγκαταλέγεται στα παλαιότερα σιτάρια διαθέτει σταχίδιο με 5-9 άνθη ενώ οι στάχεις του αποτελούνται από δύο σειρές και οπτικά είναι πιο πλατείς.

1.2 Γενετική ταξινόμηση σίτου

Τα ταξινομικά χαρακτηριστικά του σιταριού είναι (Γκόγκας, 2005):

- Αθροισμα: *Spermatophyta*.
- Υποάθροισμα: *Magnoliophytina*.
- Κλάση: *Liliatae*.
- Υπόκλαση: *Liliidae*.
- Τάξη: *Poales*.
- Οικογένεια: *Poaceae*.
- Γένος: *Triticum*.
- Είδος: *sp.*
- Κοινό όνομα: σιτάρι

Όσον αφορά την εξέλιξη των ειδών θεωρείται ότι ο δίκοκκος σίτος προέρχεται από τον άγριο τύπο (*Triticum dicoccoides*) με Α και Β γενώματα. Τα άλλα τετραπλοειδή είδη δημιουργήθηκαν μετά από μεταλλάξεις. Ύστερα από φυσική διασταύρωση *T. dicoccum* με *T. taushii* (*Aegilops squarrosa*) με D γένωμα ήρθε να δημιουργηθεί το *T. spelta* και με διάφορες μεταλλάξεις άλλα εξαπλοειδή είδη (Dvorak et al., 2012).

Στις ημέρες που διανύουμε ο σίτος έχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθεί σε πολύ μεγαλύτερη έκταση συγκριτικά με άλλα σιτηρά. Για την ταξινόμηση του σιταριού υπολογίσθηκε η ιδανική σταθερότητα των χαρακτηριστικών του και ειδικότερα οι κλιματολογικές συνθήκες και οι μέθοδοι καλλιέργειας (www.wikipedia.gr).

Πίνακας 1. Η ταξινόμηση των ειδών του σιταριού (γένος *Triticum*).

Είδος	Γονιδίωμα
-------	-----------

Διπλοειδή ($2n=2x=14$)	
<i>T. monococcum</i> L.	A
<i>T. speltoides</i> Gren ex Richter	B
<i>T. tauschii</i> (Coss). Small	D
Τετραπλοειδή ($2n=4x=28$)	
<i>T. turgidum</i> L. var <i>dicoccoides</i>	AB
<i>T. durum</i>	AB
<i>T. polonicum</i>	AB
<i>T. dicoccum</i>	AB
<i>T. timopheevi</i>	AG
Εξαπλοειδή ($2n=6x=42$)	
<i>T. aestivum</i> L. em. Thell	ABD
<i>T. vulgare</i>	ABD
<i>T. spelta</i>	ABD

(Morris & Sears, 1967)

1.3 Μορφολογικά γνωρίσματα

1.3.1. Ριζικό σύστημα

Το ριζικό του σύστημα χαρακτηρίζεται θυσσανώδες, με λεπτές και ινώδεις ρίζες, δίχως να παρουσιάζουν ιδιαίτερη διακλάδωση. Η πρωτογενής εμβρυακή ρίζα, οι δευτερογενείς εμβρυακές (seminal roots) με εμφάνιση από το μεσοκοτύλιο και οι μόνιμες (crown roots) που εμφανίζονται από το λαιμό είναι οι διακρίσεις της ρίζας (Δαναλάτος, 2005).

1.3.2. Βλαστοί

Το σιτάρι αποτελείται από όρθιους, λείους, εύκαμπτους, κυλινδρικούς, καλαμοειδείς και κοίλους βλαστούς, διαθέτει κίτρινο χρώμα και ενδέχεται να φτάσει σε ύψος τα 1,30μ.. Ο βλαστός καλείται και στέλεχος και αποτελεί τον κύριο άξονα του σιταριού (Σφήκας 1991). Το στέλεχος αποτελείται από διάφορα μέρη, τα κοίλα, τα μεσογονάτια, τα πλήρη και τους κόμβους. Για την ανάπτυξη του στελέχους παρεμβάλλονται μεριστώματα στη βάση κάθε μεσογονατίου. Εξαιτίας των συγκεκριμένων μεριστωμάτων ευνοείται η δημιουργία κλίσης του φυτού, ωστόσο ένα πλαγιασμένο

στέλεχος στο μεσογονάτιο έχει τη δυνατότητα να εξακολουθήσει να κινείται προς τα επάνω και να παρουσιάζεται σε τελική όρθια θέση ο στάχυς.

1.3.3. Φύλλα

Η ταξινόμηση των φύλλων του σιταριού είναι δίστιχη. Στον αγρό ενδέχεται να παρατηρηθούν 7-9 φύλλα, το ανώτερο από αυτά αποτελεί και κύριο παράγοντα για τις φωτοσυνθετικές ουσίες στον καρπό που αναπτύσσεται. Σε περίπτωση που για διάφορα αίτια παρατηρηθεί μείωση της δραστηριότητας του συγκεκριμένου φύλλου από ξεστάχυσμα ενδέχεται να παρουσιαστούν δυσμενή αποτελέσματα στις αποδόσεις. Το ανώτερο φύλλο αποτελείται από το κολεό και το έλασμα και σημείο ένωσης αυτών των δύο είναι η γλωσσίδα, η οποία προφυλάσσει το φυτό από σήψη. Επίσης χαρακτηρίζεται από δεξιόστροφο έλασμα, τριχίδια στον κολεό και έντονο πράσινο χρώμα. Τα ωτίδια παρατηρούνται στη βάση της γλωσσίδας και από τις δύο πλευρές (Παπακώστα Δ., 1997).

1.3.4. Στάχυς

Τρία σέπαλα τα οποία αποτελούν το έλυτρο έχει κάθε άνθος σιταριού, ενώ στο κέντρο του παρουσιάζονται τα γόνιμα όργανα (Παπακώστα Δ., 1997). Ένας κλασσικός στάχυς με ένα σταχίδιο σε κάθε άρθρωση αποτελεί την ταξιανθία του σιταριού. Κάθε σταχίδιο έχει 1-9 άνθη με μόνο ένα από αυτά να είναι γόνιμο. Τα λέπυρα είναι δύο βράκτια φύλλα που περιβάλλουν το κάθε σταχίδιο με χρώμα λευκό ή και μαύρο.

1.3.5. Καρποί

Οι καρποί του σιταριού χαρακτηρίζονται από ωοειδές σχήμα, διαθέτουν τριχίδια στην κορυφή και μήκος από 4 έως 10 χιλ. Το βάρος 1000 κόκκων αντιστοιχεί σε 40 έως 60 γρ. Ο καρπός διαθέτει το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Ο κόκκος του σιταριού έχει τομές όπου εκεί μπορούμε να παρατηρήσουμε μια μεγάλη σε όγκο μάζα, το λεύκωμα, η οποία αποτελεί αποταμίευση θρεπτικών ουσιών για την τροφή του εμβρύου κατά τη διάρκεια της βλάστησης (Δαναλάτος, 2005). Η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη και λίπος είναι 13,2% και 1,9% αντίστοιχα. Το έμβρυο βρίσκεται στο κάτω μέρος του κόκκου σαν ένα μικρό κίτρινο σώμα (Χα, 2007). Στις μέρες μας, υπάρχουν περισσότερες από 17.000 διαφορετικές ποικιλίες σίτου και συνθέτουν μία τεράστια γενετική παραλλακτικότητα η οποία επιτρέπει στο φυτό να καλλιεργείται σε διαφορετικό περιβάλλον, με ποικίλες κλιματικές συνθήκες και να δίνει υψηλές αποδόσεις πχ. από 67°

γεωγραφικό πλάτος στο Βόρειο Ημισφαίριο (Νορβηγία, Φινλανδία, Ρωσία) μέχρι 45° στο Νότιο (Αργεντινή). Ωστόσο στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, η καλλιέργεια του σίτου περιορίζεται στα υψίπεδα διότι το φυτό δεν παρουσιάζει αύξηση σε θερμοκρασίες άνω των 30° C.

1.4 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Τα σιτηρά ανήκουν στο γένος *Triticum* όπου η ταξιανθία τους είναι ένας τυπικός στάχυς που φέρει ένα στάδιο σε κάθε άρθρωση με 1-9 άνθη μερικά από τα οποία είναι συνήθως στείρα. Η ωρίμανση των σταχυδίων αρχίζει από τα μεσαία και σταδιακά επεκτείνεται προς τα άκρα. Τα βοτανικά χαρακτηριστικά των κυριότερων ειδών του σιταριού είναι τα ακόλουθα :

- *Triticum monococcum*: Κάθε σταχύδιο έχει ένα σπόρο ντυμένο και φέρει άγανα. Έχει δυο σειρές στάχων και έχει μικρή διάδοση επειδή η απόδοση του είναι μικρή καθώς επίσης και η ποιότητα του προϊόντος του είναι κακή (Γαλανοπούλου 2003).
- *Triticum dicoccum*: Κάθε σταχύδιο έχει 2-4 άνθη και παράγει σπόρους ντυμένους. Το είδος αυτό έχει ποικιλίες εαρινές και χειμερινές, αλλά λόγω χαμηλής απόδοσης και ποιότητας καλλιεργείται ελάχιστα. Ενδιαφέρει για διασταυρώσεις γιατί παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις ασθένειες και στην ξηρασία (Σφήκας 1991).
- *Triticum durum*: Αποτελεί το κυρίως καλλιεργούμενο σκληρό σιτάρι και υπάγεται στην κατηγορία των εαρινών σιτηρών. Έχει συμπαγείς συνήθως αγανοφόρους στάχεις, με πλατυσμένες πλευρές και στενόμακρες άκρες. Φέρει δύο σειρές στάχων και κάθε σταχύδιο φέρει 5-7 άνθη, από τα οποία παράγονται 2-4 σπόροι. Ο σπόρος του έχει πολλούς αλευρόκοκκους και χρησιμοποιείται για την παραγωγή μακαρονιών και μπισκότων. Κατά την περίοδο ωρίμανσης οι βροχοπτώσεις υποβαθμίζουν την ποιότητα και σημειώνεται ότι είναι λιγότερο ανθεκτικό στο ψύχος από ότι το μαλακό σιτάρι (Σφήκας 1991).
- *Triticum polonicum* : Θεωρείται σκληρό σιτάρι και μοιάζει με το durum από το οποίο μπορεί να προέρχεται, αλλά έχει πολύ μακριά λέπυρα (Γαλανοπούλου 2003).
- *Triticum turgidum*: Έχει ψηλό λεπτό σκληρό στέλεχος ώστε να μην πλαγιάζει εύκολα. Είναι σκληρό σιτάρι και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία μακαρονιών και μπισκότων. Τέλος έχει μικρή απόδοση (Σφήκας 1991).
- *Triticum spelta*: Είναι το τρίτο είδος ντυμένο, φέρει σταχύδιο με 3-4 άνθη και με 2-3 σπόρους. Το είδος αυτό φέρει αντοχή στους δαυλίτες, στις σκωριάσεις, στους άνθρακες και στο ψύχος. Χρησιμοποιείται μόνο για ζωοτροφή (Σφήκας, 1991).

- *Triticum aestivum*: Είναι από τα πιο παλιά σιτηρά. Κάθε σταχύδιο φέρει 5-9 άνθη που δίνουν 3-4 σπόρους. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο μαλακό σιτάρι και έχει πάρα πολλές ποικιλίες. Το είδος αυτό είναι το πλέον κατάλληλο για την αρτοποιεία, λόγω της ποιότητας της γλοιίνης που δίνουν οι πρωτεΐνες του εξωτερικού στρώματος του ενδοσπερμίου (Σφήκας 1991).
- *Triticum compactum*: Είναι το παλιότερο σιτάρι και αντικαταστάθηκε από το *Triticum aestivum* με το οποίο μοιάζει. Είναι κατάλληλο για την Παρασκευή ψωμιού και αντέχει στις καιρικές αντίξοες συνθήκες (Σφήκας 1991).
- *Triticum sphaerococcum*: μοιάζει με το προηγούμενο είδος αλλά δεν έχει κανένα ενδιαφέρον (Σφήκας 1991).

1.5 Οικολογικές Απαιτήσεις

1.5.1 Έδαφος

Ο σίτος και ιδιαίτερα ο μαλακός θεωρείται απαιτητικός όσο αφορά τη γονιμότητα του εδάφους. Ευδοκίμει σε μέσης σύστασης έως βαριά εδάφη, αρκετά γόνιμα και με καλή στράγγιση. Ωστόσο τις μεγαλύτερες και σταθερότερες αποδόσεις παρουσιάζει σε ιλυοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη, όπου χαρακτηρίζονται από υψηλή υγρασία και είναι απαλλαγμένα από ζιζάνια. Ακατάλληλα για καλλιέργεια σίτου είναι τα όξινα και τα ισχυρώς εκπλυθέντα εδάφη. Η γονιμότητα του εδάφους και κυρίως η περιεκτικότητα του σε άζωτο επηρεάζει άμεσα την περιεκτικότητα του κόκκου σε πρωτεΐνη, για το λόγο ότι το άζωτο είναι συστατικό της πρωτεΐνης και εφόσον υπάρχει διαθέσιμο χρησιμοποιείται στην σύνθεση της (Σφήκας 1991). Συνεπώς η λίπανση και ο εμπλουτισμός της καλλιέργειας με άζωτο έχει άμεση επίδραση στο ποσοστό συσσώρευσης της πρωτεΐνης στο κόκκο και κατά επέκταση υψηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στη ζωοτροφή διότι τα προϊόντα της συγκεκριμένης καλλιέργειας θα χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη.

1.5.2 Κλίμα

Εφόσον ο σίτος χαρακτηρίζεται από τόσο μεγάλη διάδοση, επόμενο είναι και να προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία κλιματικών συνθηκών. Το σιτάρι δεν ευδοκimerεί στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθενειών. Ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία βλαστάνουν οι σπόροι του σιταριού είναι 3°εως 4°C αν και το ανοιξιάτικο σιτάρι βλασταίνει και στους 2°C ή και ακόμη παρακάτω στη θερμοκρασία του τηκόμενου πάγου. Η άριστη θερμοκρασία βλαστήσεως είναι 20-22° C και η μέγιστη είναι στους 35°C. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο αποσυντίθεται από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει (Φασούλας-Φωτιάδης1984). Οι εαρινές ποικιλίες παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στο ψύχος μέχρι -10°C, οι χειμερινές έως -20°C ή μετά από σκληραγώγηση έως -40°C. Κυρίως μας απασχολεί η θερμοκρασία στο βάθος του 1-3cm όπου βρίσκεται ο σταυρός, στον οποίο η ζημιά έχει τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Η άριστη θερμοκρασία για το αδέρφωμα είναι 14°C - 18°C και για τη φωτοσύνθεση είναι στους 22°C. Τέλος ο σίτος καλλιεργείται σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 270 -1.750 χιλ. (Σφήκας 1991).

1.6 Καλλιεργητικές Φροντίδες

1.6.1 Αμειψισπορά

Ο σίτος έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει σε συστήματα αμειψισποράς, στα οποία εναλλάσσεται με άλλα φυτά όπως σκαλιστικά, ψυχανθή ή άλλα σιτηρά. Το σιτάρι εναλλάσσεται με άλλα σιτηρά σε ειδικές περιπτώσεις. Έτσι σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλη προσβολή από ζάβρο ή από ελμινθοσπέρμιο μπορεί να παρεμβληθεί καλλιέργεια της βρώμης η οποία δεν προσβάλλεται. Αμειψισπορά με κριθάρι δεν ωφελεί καμιά από τις δυο καλλιέργειες και ειδικά το σίτο. Σε γόνιμα εδάφη, όπου δεν υπάρχει πρόβλημα ζιζανίων, εντόμων ή ασθενειών, το σιτάρι μπορεί να σπέρνεται για πολλά έτη (Σφήκας 1981).

1.6.2 Κατεργασία εδάφους

Ο αριθμός, το είδος και η εποχή εκτέλεσης των οργωμάτων για να είναι το χωράφι κατάλληλο για σπορά, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το είδος και τις μεταχειρίσεις της προηγούμενης καλλιέργειας, από τα ζιζάνια και την υγρασία του εδάφους. Το πρώτο όργωμα πραγματοποιείται συνήθως με τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές και είναι ελαφρύ εάν προηγήθηκε καλλιέργεια χειμερινών σιτηρών και βαθύτερο μετά από καλλιέργεια καλαμποκιού, για βαθύτερο παράχωμα των στελεχών. Θερινό όργωμα μετά από σιτηρά πραγματοποιείται μόνο σε περίπτωση έντονης υγρασίας (Σφήκας 1991).

1.6.3 Λίπανση

Ως προς την αζωτούχο λίπανση η περίσσεια αζώτου ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά. Σε υγρές ή αρδευόμενες περιοχές συνιστώνται περίπου 15 μονάδες ανά στρέμμα ενώ σε ξηρά χωράφια πολύ λιγότερο, γύρω στο 10%. Λιγότερο άζωτο συνιστάται σε ποικιλίες που τα φυτά αποκτούν ύψος και περισσότερο στις χαμηλές που δεν παρουσιάζεται το πρόβλημα του πλαγιάσματος. Η μισή ποσότητα της αζώτου λίπανσης δίνεται ως βασική, πριν από την σπορά και η υπόλοιπη δίνεται ως επιφανειακή τη άνοιξη σε 1 με 2 δόσεις. Ως προς το φώσφορο τώρα, συνιστώνται 3-4 μονάδες ή καθόλου εάν δεν υπάρχει αντίδραση. Συνιστώνται επίσης 2-3 μονάδες καλίου όταν υπάρχει έλλειψη στο έδαφος. Η ωφελιμότητα του αζώτου εξαρτάται από την συνύπαρξη του καλίου και του φωσφόρου (Γαλανοπούλου 2003).

Ωστόσο χρόνο με το χρόνο γίνεται προσπάθεια βελτίωσης των αποδόσεων και της ποιότητας της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Στόχο αποτελεί το κομβικό σημείο όσο το δυνατόν ελάχιστων μεταχειρίσεων με μέγιστη απόδοση και βέλτιστη ποιότητα. Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν προϊόντα της εταιρείας compro με δυο συγκεκριμένους συνδυασμούς αυτών σε επίπεδο βασικής, διαφυλλικής και επιφανειακής λίπανσης. Κρίνεται πως υπάρχει πιθανό ενδεχόμενο οι εφαρμογές της εταιρείας compro να συμβάλλουν στην περεταίρω αύξηση ολικών αζωτούχων ουσιών του σίτου. Θα ακολουθήσει σύγκριση αυτών των εφαρμογών με συμβατική λίπανση και μάρτυρα έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε επακριβώς τη διαφοροποίηση στη πρωτεΐνη και τέσσερις επαναλήψεις από τη κάθε μεταχείριση ώστε να ελεγχθεί η παραλλακτικότητα των αποτελεσμάτων.

1.6.4 Σπορά

Η ποσότητα του σπόρου που σπέρνεται ανά στρέμμα εξαρτάται από τις συνθήκες σποράς και την ποιότητα του δηλαδή τη βλαστικότητα και το βάρος του. Σε γενικότερο πλαίσιο συνίστανται ποσότητες από 6-15κιλά. Λιγότερος σπόρος συνιστάται στα πολύ φτωχά και γόνιμα εδάφη και περισσότερος όταν οι συνθήκες είναι αντίξοες. Η εποχή σποράς εξαρτάται από την ποικιλία, στη χώρα μας το σιτάρι σπέρνεται κατά κανόνα το φθινόπωρο και κυρίως του μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο. Η σπορά γίνεται συνήθως σε γραμμές και σπάνια διασκορπίζεται τυχαία. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών κυμαίνονται από 14-20 εκ. και επί της γραμμής μεταξύ 2,5-5εκ. Το βάθος σποράς είναι 2,5-5 εκ. Μεγαλύτερο βάθος εφαρμόζεται σε ελαφρά εδάφη, πρώιμη σπορά και σε συνθήκες ελλείψεως υγρασίας (Σφήκας 1991).

1.6.5 Περιποιήσεις

Κυλίνδρισμα σε φουσκωμένο έδαφος από τη παγωνιά ή σβάρνισμα σε πατημένο από τις χειμερινές βροχές και ενδεχομένως σκάλισμα με περιστροφικό σκαλιστήρι, αποτελούν τις φροντίδες ως τις αρχές της ανοίξεως. Σε καλλιέργειες που παρουσιάζουν πλούσια βλάστηση ενδέχεται να πραγματοποιηθεί βόσκηση ή κόψιμο των κορυφών με χαρτοκόπτη. Ακόμη σε καλλιέργειες που παρουσιάζουν καχεκτική ανάπτυξη στην αρχή της ανοίξεως διασκορπίζονται 2-4 κ./στρ. αζώτου σε νιτρική μορφή. Σε περίπτωση ξηρασίας και έλλειψης βροχοπτώσεων σκαλίζουμε για να ενσωματωθεί και να αξιοποιηθεί το λίπασμα. Τα ζιζάνια της καλλιέργειας καταπολεμούνται με σκάλισμα και προφυτρωτική ή μεταφυτρωτική ζιζανιοκτονία (Γαλανοπούλου 2003).

1.6.6 Συγκομιδή - Αποθήκευση

Ο σίτος πρέπει να θερίζεται όταν το ενδοσπέρμιο είναι σκληρό και έχει υγρασία από 25-35%. Στις μέρες μας ο θεριζοαλωνισμός γίνεται 10 μέρες αργότερα ώστε να περιοριστεί το ποσοστό υγρασίας που δυσκολεύει τη διαδικασία. Η αποθήκευση γίνεται με υγρασία καρπού κάτω του 14% σε ξηρές και δροσερές αποθήκες μέσα σε μεταλλικά δοχεία, σάκους ή και χύμα καθώς επίσης και σε μεγάλα σιλό. Η θερμοκρασία δεν επιτρέπεται να ξεπερνάει του 20°C, για να μην διατρέχει κίνδυνο ο σπόρος (Σφήκας 1991).

1.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου σιταριού

1.7.1. Αλεστική ποιότητα

Για την κατεργασία του σιταριού το πρώτο στάδιο είναι το άλεσμα. Η βιομηχανία αλευριού είναι αυτή που καταχωρεί τις πρώτες προδιαγραφές που αφορούν την ποιότητα. Η αλεστική ποιότητα, είναι αυτό που την ενδιαφέρει, και εξαρτάται από:

- Το μέγεθος των κόκκων. Προτιμώνται οι σπόροι μεγάλου μεγέθους χωρίς όμως να μειώνεται το υαλώδες του κόκκου διότι θα υποβαθμιστεί το ενδοσπέρμιο δομικά. Το μέγεθος αυτών μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια σύμφωνα με το βάρος 1000 κόκκων, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί γενετικά από ένα ή δυο γονίδια, εξαρτώμενο από την ποικιλία.
- Την ομοιομορφία των κόκκων. Η ομοιομορφία μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις τυχόν απώλειες που μπορεί να προκληθούν από αφαίρεση του ενδοσπερμίου. Όταν ο σπόρος είναι ομοιόμορφος διαχωρίζεται σε κλάσματα για να περάσει από το μύλο ξεχωριστά. Ωστόσο, αυτό απαιτεί χρόνο και ενέργεια. Οι σπόροι με το μεγαλύτερο μέγεθος βρίσκονται στο μέσο του στάχους και στα παρακάτω ανθίδια. Συνεπώς ο σίτος που εκμεταλλεύεται η αλευροβιομηχανία είναι εκείνος που πηγάζει από παραγωγικά φυτά και προέρχεται από πολλά σταχίδια ανά στάχυ και με λίγα ανθίδια ανά σταχίδιο.
- Τη δομή του ενδοσπερμίου. Το ενδοσπέρμιο το χαρακτηρίζει το υαλώδες και η σκληρότητά του, παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την αλευροποίηση και το ποσοστό αλεύρου που προκύπτει. Συνδέεται με την περιεκτικότητα και την ποιότητα σε γλουτένη καθώς επίσης και με την περιεκτικότητα και κατανομή σε πρωτεΐνη μέσα σε αυτό. Τα γονίδια τα οποία είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη εντάσσονται σε όλα τα χρωμοσώματα εκτός από τα 2D και 4D οπότε αντιλαμβανόμαστε ότι η δομή του προσδιορίζεται με πολλούς γονιδιακούς τρόπους.
- Την αναλογία περικαρπίου. Το περικάρπιο καλύπτεται από την επιδερμίδα, την υποδερμίδα, τις δύο στρώσεις διαγώνιων και επιμηκυσμένων κυττάρων καθώς και από την επιδερμίδα του νεουκέλλου σε ποσοστό 9% έως 11%. Τα μέρη είναι αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή, όσο μεγαλύτερος ο κόκκος τόσο μικρότερη η αναλογία ανά εκατοστό άρα και τόσο μεγαλύτερη η απόδοσή του σε αλεύρι.
- Το χρώμα του περικαρπίου και του ενδοσπερμίου. Συνήθως προτιμώνται τα κόκκινα σιτάρια καθώς οτιδήποτε μένει από το περικάρπιο περιορίζει το άσπρο χρώμα του αλεύρου. Τρία γονίδια γνωστά ως R1, R2, R3 προσδιορίζουν το χρώμα και βρίσκονται στα 3D, 3A, 3B, αντίστοιχα. Αν το σιτάρι προορίζεται για ζυμαρικά το χρώμα του ενδοσπερμίου το προτιμούμε κίτρινο έως κίτρινο βαθύ, όχι όμως λευκό διότι πωλούνται σε καλύτερη τιμή στο αγοραστικό κοινό.

- Το εκατολιτρικό βάρος. Καθώς αλλάζει το βάρος αλλάζει και το μέγεθος, το υαλώδες και το σχήμα του κόκκου όπως επίσης και η υφή του ενδοσπερμίου. Δεν ορίζεται ως ιδιότητα αλλά ως τεχνητή τιμή που μπορεί να επηρεασθεί από τα κενά μεταξύ των κόκκων λόγω εξωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών.

1.7.2. Αρτοποιητική ικανότητα

Η ικανότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία στα σκληρά εξαπλοειδή σιτάρια. Προτιμώνται από την αρτοποιητική τα σιτάρια αυτά που το παραγόμενο αλεύρι τους είναι απορροφητικό στο νερό, το καρβέλι γίνεται μεγάλο σε όγκο, επικρατεί καλή γεύση και ελαστικότητα. Τα χαρακτηριστικά που βοηθούν στην επίτευξη των παραπάνω είναι:

- Η ποιότητα γλουτένης. Κανονίζεται από την σχέση γλοιαδίνης η οποία διαλύεται σε αλκοόλη και της μη διαλυτής γλουτένης. Η ελαστικότητα της τελευταίας εξαρτάται από την ποσότητα της πρώτης. Η σχέση αυτή εξαρτάται από το γονότυπο, ωστόσο επηρεάζεται από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η σχέση γλουτένης και ολικής πρωτεΐνης δεν έχουν ξεκάθαρα αποτελέσματα παρά το γεγονός ότι η γλουτένη αποτελεί το 80% της ολικής πρωτεΐνης. Συμπεραίνουμε ότι για την εξέταση της αρτοποιητικής ικανότητας πιο αξιόπιστες είναι οι ενδείξεις οι οποίες αφορούν την ποιότητα και την ποσότητα γλουτένης. Τα σιτάρια που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ζυμαρικών, χαρακτηρίζονται από ένα ποσοστό περιεκτικότητας σε γλουτένη που βρίσκεται γύρω στο 10 με 30%.
- Η ποιότητα του αμύλου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αρτοποιητική ικανότητα είναι η ποιότητα του αμύλου, η περιεκτικότητα του ενδοσπερμίου σε σάκχαρο και η ενέργεια της αμυλάσης καθώς και των πεντοζών και άλλων ενζύμων που ζουν στο ενδοσπέρμιο.

Τέλος, τα γονίδια που επηρεάζουν την αρτοποιητική ικανότητα βρίσκονται στα: 2A, 3A, 4A, 5A, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 1D, 2D, 3D και 4D χρωμοσώματα.

1.7.3. Πρωτεΐνη

Τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν για την πρωτεΐνη είναι τα εξής:

- Βιολογική αξία. Το ολικό ποσό και η σύσταση όσον αφορά τα αμινοξέα της πρωτεΐνης.
- Περιεκτικότητα πρωτεΐνης. Η περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σιτάρι μπορεί να φτάσει το 12-15% αλλά στη γλουτένη σίτου όπου χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία μπορεί να κυμανθεί από 22-25%. Επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, ωστόσο θεωρείται χαρακτηριστικό με

κληρονομικές ιδιότητες. Αυτό που καθορίζει τη θρεπτική αξία και την ποιότητα του σιταριού είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (GPC, Grain Protein Content).

- Αμινοξέα. Η πρωτεΐνη του σίτου χαρακτηρίζεται από χαμηλά επίπεδα δυο απαραίτητων αμινοξέων, της λυσίνης και της μεθειονίνης. Με την απουσία της λυσίνης προκαλείται ελάττωση της πεπτικότητας της. Η περιεκτικότητα σε λυσίνη είναι καθαρά κληρονομούμενο χαρακτηριστικό ωστόσο επηρεάζεται από την οικολογία, την φροντίδα κατά την καλλιέργεια και την λίπανση. Οι βελτιωτές επιθυμούν την παραγωγή προϊόντων με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λυσίνη. Αυτό βέβαια είναι δύσκολο καθώς υπάρχει παραλλαγή από ποικιλία σε ποικιλία και περιορίζεται ο βαθμός δυνατότητας διασταυρώσεων.

1.8 Οικονομική σημασία

Τα χειμερινά σιτηρά καλλιεργούνται κάθε χρόνο παγκοσμίως σε έκταση μεγαλύτερη από 2.900 εκατομμύρια στρέμματα σε πάνω από 120 χώρες. Το σιτάρι και το κριθάρι κυριαρχούν τόσο στο ύψος της παραγωγής όσο και στην καλλιεργούμενη έκταση. Τα σιτηρά καλλιεργούνται σε περιοχές με ποικίλα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά. Η πλειοψηφία των σιτηρών βρίσκεται στις πεδιάδες ή σε λοφώδεις περιοχές με κλίσεις που κυμαίνονται από ήπιες (κλίση 2-6 %) έως πολύ απότομες (κλίση 35%). Ο σίτος αποτελεί μία από τις κυριότερες δυναμικές καλλιέργειες στον κόσμο και βρίσκεται ευρεία εφαρμογή παγκοσμίως, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες (Δαναλάτος, 2005). Συγκεκριμένα για το σιτάρι, καλλιεργούνται συνολικά περίπου 2.500 εκατομμύρια στρέμματα και η παραγωγή συχνά ξεπερνάει τους 650.000.000 τόνους, καλύπτοντας το 75% της παγκόσμιας παραγωγής των χειμερινών σιτηρών. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής σιταριού προήρθε κυρίως από Ασιατικά και Ευρωπαϊκά κράτη. Η Κίνα αποδείχτηκε η πλέον παραγωγική χώρα με περίπου 95.000.000 τόνους και ακολουθούν η Ινδία με 70.000.000 και οι ΗΠΑ με 90.000.000 τόνους. Τα περισσότερα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μολονότι καλλιεργούν περιορισμένες εκτάσεις, παρουσιάζουν ωστόσο τις υψηλότερες στρεμματικές αποδόσεις η Γερμανία και η Γαλλία αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα του συγκεκριμένου φαινομένου.

Τα οικονομικά συμφέροντα γύρω από τη παραγωγή σίτου είναι τεράστια διότι συμβάλλει στη παραγωγή ψωμιού, ζυμαρικών, δημητριακών κ.α. που καταναλώνονται παγκοσμίως από τον άνθρωπο. Ακόμη ένα μεγάλο ποσοστό από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνται για την ισορροπημένη διατροφή του ανθρώπου, βρίσκεται στους σπόρους του σιταριού, στο πίνακα 2 αναφέρεται η περιεκτικότητα του σπόρου σε θρεπτικά.

Πίνακας 2: Περιεκτικότητα σπόρου σε θρεπτικά στοιχεία

Περιεκτικότητα σπόρου στις εξής ουσίες
Πρωτεΐνες 8%-15% και πλέον
Υδατάνθρακες 60%-80%
Λίπος 1,5%-2%
Μέταλλα 1,5%-2%

Εξελικτικά το σκληρό σιτάρι είναι αρχαιότερο του μαλακού και συμμετέχει σε ποσοστό 10% στην παγκόσμια παραγωγή σιταριού. Για την εξάπλωση του σιταριού απαιτείται η ολοκλήρωση ενός βιολογικού κύκλου που διαρκεί τουλάχιστον 90 ημέρες. Η κύρια ζώνη στην οποία καλλιεργείται το σιτάρι είναι η εύκρατη (30-60 Β.Π.) (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Οι σπουδαιότερες περιοχές παραγωγής σιταριού είναι κατά σειρά η Βόρεια και Κεντρική Ασία, η Νότια Ρωσία, οι κεντρικές πεδιάδες των Η.Π.Α. και οι παρακείμενες του Καναδά, η λεκάνη της Μεσογείου, η Ινδία και η Βορειοδυτική Αυστραλία. Κύριες χώρες εξαγωγής είναι οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Αυστραλία. Οι περισσότερες ποικιλίες σιταριού των σύγχρονων καλλιεργειών ανήκουν στο εξαπλοειδές ή μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum* (L.) em, Thell). Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του ενδοσπερμίου του σε γλουτένη, ιδιαίτερα των ποικιλιών με σκληρό ενδοσπέρμιο, θεωρείται πολύτιμο για την παρασκευή ψωμιού. Το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* var. *durum*) είναι ο κύριος τετραπλοειδής τύπος σιταριού που καλλιεργείται σήμερα και οι μεγάλοι, πολύ σκληροί, υαλώδεις σπόροι του δίνουν αλεύρι με μικρές ποσότητες γλουτένης το οποίο είναι αξιοποιήσιμο στη βιομηχανία σιμιγδαλιού και ζυμαρικών. Έτσι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη ποσότητα σκληρού σιταριού. Γενικά το σκληρό σιτάρι παρουσιάζει υψηλότερη θρεπτική αξία από τα αρτοποιήσιμα σιτάρια, περιέχει λιγότερο άμυλο, αλλά περισσότερες πρωτεΐνες, βιταμίνες, λιπαρά οξέα και αμινοξέα.

Σε παγκόσμια κλίμακα και ειδικότερα σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αυξάνει η χρήση του σίτου ως πρώτη ύλη για τη παραγωγή ζωοτροφών. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και κατ' επέκταση η ανάγκη για θρέψη και επιβίωση του κρίνει απαραίτητη την ύπαρξη βιομηχανικών, εντατικών συστημάτων καλλιέργειας και ανάπτυξης διαφόρων ζωικών ειδών. Περίπου το 50% του κόστους παραγωγής επιχειρήσεων εντατικής καλλιέργειας αποτελεί η σίτιση δηλαδή η αγορά πρώτων υλών και η σύνθεση ζωοτροφών. Όταν λοιπόν το σιτάρι αποτελεί βασική προσθήκη στη ζωοτροφή και η ποιότητα του παράγοντα στην αύξηση της βιομάζας του ζώου κατανοούμε τα τεράστια οικονομικά συμφέροντα γύρω από τη καλλιέργεια του σίτου.

1.9 Η χρήση του σίτου ως ζωοτροφή

1.9.1 Μαλακός σίτος

Είναι μια από τις κυριότερες ζωοτροφές. Η Μεταβολίσιμη Ενέργεια (ΜΕ) που περιέχει, αξιοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τον οργανισμό των ζώων, ανεξάρτητα από την κατηγορία, την ηλικία ή το ρυθμό ανάπτυξης τους. Ωστόσο, παρατηρούνται κάποιες διαφορές όσον αφορά την ικανότητα αξιοποίησης της ΜΕ του σίτου μεταξύ ενήλικων και νεαρής ηλικίας ζώων. Οι διαφορές αυτές αποδίδονται κυρίως στην διαφορετική ικανότητα πέψης του αμύλου (πεπτικότητα αμύλου στα ενήλικα 97%, ενώ στα ανήλικα περιορίζεται έως και στο 80%), αλλά είναι δυνατό να αποδοθούν και στη διαφορετική περιεκτικότητα των διαφόρων ποικιλιών σίτου σε μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες.

Οι αδιάλυτοι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες (ινώδεις ουσίες- fibre) στο σίτο απαντούν με τη μορφή της κυτταρίνης (cellulose, 23%) και των ημικυτταρινών (αραβινοξυλάνες – arabinoxylans, 63%). Επιπλέον ο σίτος περιέχει και λιγνίνη (lignin, 8%). Τόσο για τις ινώδεις ουσίες όσο και για τη λιγνίνη ο οργανισμός των πτηνών και των χοίρων δεν διαθέτει τα κατάλληλα ένζυμα για την πέψη τους. Ένα ελάχιστο μέρος των ινωδών ουσιών πέπτεται με τη βοήθεια των μικροοργανισμών του πεπτικού σωλήνα.

Το επίπεδο της πρωτεΐνης στο σίτο ποικίλει και εξαρτάται από την ποικιλία και τις καλλιεργητικές συνθήκες. Ειδικότερα, εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού τείνει να αυξήσει την περιεκτικότητα του καρπού σε πρωτεΐνη (Νικολακάκης, 2011). Πρακτικά, το 95% των δειγμάτων περιέχει ολική πρωτεΐνη (N X 6,25) κυμαινόμενη μεταξύ 12-15% με βάση την ξηρή ουσία. Με βάση την ξηρή ουσία, η περιεκτικότητα των αμινοξέων του σίτου μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση:

$$\text{Επίπεδο αμινοξέων (\%}\Xi\text{O)} = K_1 + K_2 \text{XOΠ (Νικολακάκης, 2011),}$$

Όπου ΟΠ= η ολική πρωτεΐνη με βάση την Ξηρή Ουσία (ΞΟ). Όπου K_1 , K_2 ειδικοί συντελεστές που είναι διαφορετικοί για το κάθε αμινοξύ και δίδονται σε ειδικούς πίνακες. Για παράδειγμα οι συντελεστές K_1 και K_2 για τη λυσίνη, είναι 0,145 και 0,0173, αντίστοιχα, ενώ για τη μεθειονίνη 0,026 και 0,0141, αντίστοιχα.

Ο φώσφορος του σίτου απορροφάται από τον οργανισμό των πτηνών σε ποσοστό 50%. Αν και το 70% του φωσφόρου απαντά στον καρπό με τη μορφή σύμπλοκου (ινοσιτόλης), οι φυτάσες που απαντούν φυσιολογικά στον καρπό, διασπούν το σύμπλοκο (υδρόλυση) και απελευθερώνουν ένα σημαντικό μέρος του φωσφόρου.

Η βιοτίνη στο σίτο δεν είναι διαθέσιμη, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η προσθήκη της στο σιτηρέσιο των πτηνών, όταν το τελευταίο αποτελείται σε υψηλό ποσοστό με δημητριακούς καρπούς και ιδιαίτερα με σίτο.

Ο σίτος είναι ελλειμματικός σε ξανθοφύλλες. Συνεπώς η χρησιμοποίησή του στο σιτηρέσιο ορνίθων αυγοπαραγωγής ή ορνιθίων κρεοπαραγωγής, όπου έχει ιδιαίτερη σημασία ο κιτρινωπός χρωματισμός της λεκίδου ή του δέρματος αντίστοιχα, πρέπει να συνοδεύεται με την προσθήκη στο σιτηρέσιο φυσικής ή τεχνητής πηγής ξανθοφυλλών.

Η παρουσία του σίτου στο σιτηρέσιο, διευκολύνει τη μετατροπή του σιτηρεσίου από την αλευρώδη μορφή στη μορφή συμπήκτων (pellets). Το πλεονέκτημα αυτό αξιοποιείται ευρέως στη βιομηχανία ζωοτροφών.

Η κατανάλωση από νεαρής ηλικίας πτηνά, πρόσφατα αλωνισμένου καρπού σίτου, οδηγεί στην εκδήλωση εντερίτιδας και διάρροιας. Το φαινόμενο αυτό δεν εξηγείται προς το παρόν επαρκώς και ως εκ τούτου ο καρπός σίτου θα πρέπει να χρησιμοποιείται στο σιτηρέσιο αναπτυσσόμενων πτηνών, αρκετούς μήνες μετά τον αλωνισμό του και σε περιορισμένες αναλογίες (40%). Παρόμοιο πρόβλημα δεν υφίσταται για τα μεγαλύτερης ηλικίας πτηνά και τους χοίρους.

Ο σίτος σε σύγκριση με τον αραβόσιτο και τους υπόλοιπους μικρούς καρπούς δημητριακών, περιέχει υψηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης. Ωστόσο, η συμμετοχή του στο σιτηρέσιο συχνά δεν ξεπερνά το 30%, εκτός εάν παράλληλα προστίθενται και ένζυμα. Επιπλέον, όταν ο σίτος προστίθεται σε υψηλά ποσοστά στο σιτηρέσιο, το σιτηρέσιο είναι ελλειμματικό σε λυσίνη, διότι ο καρπός σίτου είναι ανεπαρκής πηγή λυσίνης. Για να βελτιωθεί η πεπτικότητα του σίτου, μπορούν να προστεθούν στο σιτηρέσιο ένζυμα (ξυλανάσες- Xylanases) (Νικολακάκης, 2011).

1.9.2 Ο σκληρός σίτος

Χρησιμοποιείται κυρίως στη διατροφή του ανθρώπου. Περιέχει ελαφρά μεγαλύτερο επίπεδο ενέργειας και πρωτεΐνης σε σύγκριση με το μαλακό, αν και η βιολογική αξία των αμινοξέων της πρωτεΐνης του είναι παρόμοια (Νικολακάκης, 2011).

1.9.3 Υποπροϊόντα μαλακού σίτου

Ένα μεγάλο μέρος του παραγόμενου μαλακού σίτου, υφίσταται βιομηχανική επεξεργασία με σκοπό την παραγωγή αλευριού, το οποίο χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας αυτής, παράγονται αρκετά υποπροϊόντα. Η αξία τους στη διατροφή των πτηνών είναι πολύ μικρή, εξαιτίας των μέτριων διατροφικών χαρακτηριστικών που εμφανίζουν, γεγονός το οποίο τα προσανατολίζει περισσότερο προς τη διατροφή των χοίρων. Τρία είναι τα κυριότερα υποπροϊόντα τα οποία συνήθως παράγονται. Τα πίτυρα, το λευκό και το κόκκινο κτηνοτροφικό αλεύρι (βήτες). Το υλικό από το οποίο σχηματίζονται και τα τρία αυτά υποπροϊόντα, περιέχει χαμηλό επίπεδο αμύλου (19% ΞΟ), διότι προέρχεται από το περικάρπιο του σιτηρού, που αποτελείται κατά κύριο μέρος από δομικούς υδατάνθρακες. Ως εκ τούτου, έχει χαμηλή ενεργειακή αξία, η οποία αποτελεί και τον σπουδαιότερο παράγοντα περιορισμού της χρησιμοποίησης τους στη διατροφή των πτηνών. Οι δύο βήτες προσομοιάζουν περισσότερο με το αλεύρι και συνεπώς περιέχουν περισσότερο άμυλο και λιγότερο ινώδεις ουσίες. Η ενεργειακή τους αξία υπολογίζεται σε 3125 και 2400kcal/kg ΞΟ, για τους λευκούς και κόκκινους βήτες, αντίστοιχα.

Τα πίτυρα και οι βήτες περιέχουν σχετικά υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης (περίπου 17% ΞΟ), με τη σύνθεση των αμινοξέων να είναι παραπλήσια με του σιτηρού από το οποίο προέρχονται. Τα υποπροϊόντα του σίτου και ειδικότερα τα πίτυρα (1,5% ΞΟ) και σε μικρότερο βαθμό οι κόκκινοι (0,4%) και οι λευκοί βήτες (0,3%) θεωρούνται πλούσιες πηγές σε διαθέσιμο φώσφορο (Νικολακάκης, 2011).

1.10 Η σημασία της περιεκτικότητας και της ποιότητας της πρωτεΐνης στη ζωοτροφή

1.10.1 Σύσταση και είδη ζωοτροφών

Για να μπορούν τα ζώα να συντηρούνται, να αναπτύσσονται, να αναπαράγονται και να παράγουν προϊόντα, πρέπει να καταναλώνουν ζωοτροφές από τις οποίες προμηθεύονται θρεπτικά συστατικά και ενέργεια.

Τα αγροτικά ζώα μπορούν να τραφούν με μια μεγάλη ποικιλία ζωοτροφών, που είναι φυτικής, ζωικής ή ανόργανης προέλευσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ζώα και ιδιαίτερα τα μηρυκαστικά μπορούν να αξιοποιούν θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε ζωοτροφές, που ο άνθρωπος και τα μονογαστρικά ζώα δεν μπορούν να αξιοποιήσουν.

Οι ζωοτροφές περιέχουν θρεπτικά συστατικά όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, ανόργανα στοιχεία, βιταμίνες και νερό που είναι απαραίτητα για την διατήρηση της ζωής και την παραγωγή διάφορων ζωικών προϊόντων. Ορισμένα από τα θρεπτικά συστατικά χρειάζονται σε μεγάλες

ποσότητες, ενώ άλλα σε ελάχιστες. Είναι όμως όλα απαραίτητα για τη σωστή διατροφή των ζώων. Τα θρεπτικά συστατικά πέπτονται από τον οργανισμό, καθώς περνούν από το πεπτικό σύστημα των ζώων και διασπώνται σε απλούστερες χημικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές απορροφούνται και μεταφέρονται με το αίμα στα διάφορα κύτταρα του σώματος όπου και χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της ζωής και την παραγωγή των διαφόρων ζωικών προϊόντων. Κατά γενικό κανόνα στην παραγωγή των ζωικών προϊόντων η διατροφή των ζώων μετέχει με ένα ποσοστό 60- 75% στη διαμόρφωση του τελικού κόστους παραγωγής τους (www.hva.gr).

1.10.2 Αμινοξέα και πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι απαραίτητα συστατικά όλων των ζώντων οργανισμών. Αποτελούνται από αλυσίδες απλούστερων δομικών μονάδων, τα αμινοξέα. Τα αμινοξέα που υπάρχουν στη φύση είναι πάνω από διακόσια, ιδιαίτερο όμως ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκείνα που συμμετέχουν στη δημιουργία των πρωτεϊνών και είναι περίπου είκοσι. Μεταξύ των στοιχείων που περιέχουν τα αμινοξέα είναι και το άζωτο, κύριο θρεπτικό στοιχείο για τα ζώα. Γενικά η κατακράτηση του αζώτου αυξάνεται στα ζώα μέχρι την ήβη και μετά μειώνεται. Με εξαίρεση τα αγροτικά ζώα που το πεπτικό τους σύστημα περιλαμβάνει τη μεγάλη κοιλία (αιγοπρόβατα και βοοειδή) που τα βακτήρια της έχουν την ικανότητα να συνθέτουν μικροβιακή πρωτεΐνη, ορισμένα αμινοξέα δεν μπορούν να συντεθούν από τον οργανισμό των ζώων και θα πρέπει να τους παρέχονται με τις ζωοτροφές. Τα αμινοξέα αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία για τις διάφορες λειτουργίες του σώματος και ονομάζονται απαραίτητα. Η έλλειψη ενός ή περισσότερων απαραίτητων αμινοξέων από το σιτηρέσιο μπορεί να προκαλέσει μείωση της ανάπτυξής τους, μείωση της παραγωγής και σε ακραίες περιπτώσεις ακόμη και το θάνατο. Ζωοτροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες είναι τα ιχθυάλευρα, κρεατάλευρα, αιματάλευρα, τα γαλακτοκομικά υποπροϊόντα, το σογιάλευρο, τα σπέρματα των ψυχανθών, οι ζύμες, η φυλλώδης χλωρά νομή των ψυχανθών κ.ά. Κατά τη διάρκεια της πέψης οι πρωτεΐνες των τροφών, είτε από φυτικές, είτε από ζωικές ζωοτροφές, αποδομούνται στα αμινοξέα που τις αποτελούν, τα οποία μεταφέρονται με το αίμα στα κύτταρα όπου επανασυντίθενται σε πρωτεΐνες του σώματος των ζώων, όπως αυτές των μυών, του τριχώματος, του κολλαγόνου κ.ά., αλλά και των ζωικών προϊόντων, όπως το γάλα, τα αυγά κ.ά. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν τα ζώα να χρησιμοποιούν τις πρωτεΐνες για παραγωγή ενέργειας. Η πλήρης καύση 1 γρ. πρωτεΐνης αποδίδει 4 χιλιοθερμίδες.

Οι πρωτεΐνες αποτελούν το 65 με 75% του ξηρού βάρους του σώματος των ζωικών οργανισμών. Απαιτείται συστηματική και μόνιμη λήψη πρωτεΐνης ή αμινοξέων, διότι τα τελευταία χρησιμοποιούνται συνεχώς από το ζώο είτε για την σύνθεση νέων πρωτεϊνών (για αύξηση και

αναπαραγωγή) ή για την αντικατάσταση της υπάρχουσας πρωτεΐνης (συντήρηση). Ανεπαρκής ποσότητα πρωτεΐνης στην τροφή καταλήγει στην αναστολή της αύξησης ή στην μείωση, όπως επίσης και σε απώλεια βάρους λόγω της απομάκρυνσης πρωτεΐνης από τους λιγότερο ζωτικούς ιστούς για την διατήρηση των λειτουργιών των πιο ζωτικών ιστών (Gomez – Requeni et al., 2003). Από την άλλη μεριά, εάν χορηγηθεί πολύ περισσότερη πρωτεΐνη στην τροφή, μόνο μέρος αυτής θα χρησιμοποιηθεί για την σύνθεση πρωτεϊνών από το ζώο, ενώ η υπολειπόμενη θα μετατραπεί σε ενέργεια ή θα αποθηκευτεί στον οργανισμό με την μορφή λίπους.

1.10.3 Απαιτήσεις σε πρωτεΐνη

Τα ζώα, δεν παρουσιάζουν κάποια απαίτηση σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό πρωτεΐνης, η ουσία που κρίνει ένα σιτηρέσιο αποδοτικό είναι το μείγμα απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων που περιέχει. Πολλές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες συνθετικές και ημι-συνθετικές τροφές για να υπολογίσουν τις απαιτήσεις διαφόρων ζώων σε πρωτεΐνη. Οι περισσότερες από αυτές τις τιμές έχουν υπολογιστεί μέσω καμπυλών δόσης-απόκρισης, δίνοντάς μας το μικρότερο ποσό της πρωτεΐνης που μας παρείχε την μέγιστη ανάπτυξη. Μερικές από αυτές τις τιμές φαίνεται ότι είχαν υπερεκτιμηθεί λόγω μη επαρκούς συνυπολογισμού ενός ή περισσότερων από τους ακόλουθους διατροφικούς παράγοντες:

- Το ενεργειακό περιεχόμενο, της τροφής
- Τη σύσταση των αμινοξέων της πρωτεΐνης
- Τη πεπτικότητα της πρωτεΐνης.

Το βέλτιστο επίπεδο πρωτεΐνης για τα ζώα, επηρεάζεται από τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ πρωτεΐνης και ενέργειας, την σύσταση των αμινοξέων και την πεπτικότητα της πρωτεΐνης, καθώς και από την ποσότητα των μη πρωτεϊνικών πηγών ενέργειας στην πειραματική τροφή. Η περίσσεια ενέργειας στην τροφή, μπορεί να μειώσει την κατανάλωση, μιας και έχει προταθεί ότι τα ζώα, τρώνε για να καλύψουν τις απαιτήσεις τους σε ενέργεια (Lee και Putnam, 1973, Page και Andrews, 1973). Στις περισσότερες έρευνες, έχουν χρησιμοποιηθεί ισοενεργειακές τροφές για τον υπολογισμό των απαιτήσεων σε πρωτεΐνη, ωστόσο, καθώς η μεταβολίσιμη ενέργεια των διαφόρων συστατικών δεν έχει υπολογιστεί για τα περισσότερα είδη, αυτοί οι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες τιμές ενεργειακής απόδοσης για να εκφράσουν τις απαιτήσεις σε πρωτεΐνη σε σχέση με το ενεργειακό επίπεδο της τροφής.

1.10.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τις απαιτήσεις

- Μέγεθος και ηλικία: Γενικά, οι απαιτήσεις διαφόρων ζώων σε πρωτεΐνη μειώνονται με την αύξηση του μεγέθους και της ηλικίας. Για παράδειγμα, το βέλτιστο επίπεδο πρωτεΐνης της τροφής για τα πολύ νεαρά σαλμονοειδή είναι το 45 με 50%, ενώ για τα νεαρά άτομα απαιτούν ένα 40% και τα ενήλικα ένα 35% πρωτεΐνης (Hilton και Slinger, 1981, NRC, 1981).
- Θερμοκρασία ανάπτυξης: Αλλαγές στη θερμοκρασία περιβάλλοντος ανάπτυξης έχουν δείξει ότι μεταβάλλουν τις απαιτήσεις σε πρωτεΐνη μερικών ζώων, αλλά όχι όλων. Για παράδειγμα, ο σολωμός βρέθηκε ότι απαιτεί τροφή με 40% πρωτεΐνη στους 8°C και 55% σε 15°C (DeLong et al., 1958). Ομοίως το ραβδωτό λαβράκι βρέθηκε ότι απαιτεί τροφή 47% σε πρωτεΐνη στους 20 C και 55% στους 14°C (Millikin, 1982, 1983). Ωστόσο, όταν η ιριδίζουσα πέστροφα τράφηκε με εμπορικές τροφές 35, 40 και 48% σε πρωτεΐνη σε θερμοκρασίες που κυμαίνονταν από 9° έως 18°C δεν εντοπίστηκαν κάποιες διαφοροποιήσεις σε απαιτήσεις σε πρωτεΐνη (NRC, 1981).
- Απαιτήσεις σε διατροφή: Η ανάγκη σε πρωτεΐνη για τη συντήρηση ενός ζώου, ορίζεται σαν η απαραίτητη ποσότητα πρωτεΐνης που πρέπει να καταναλωθεί από αυτό ώστε να διατηρήσει σταθερό το ισοζύγιο του αζώτου. Ένα ζώο είναι σε ισορροπία αζώτου όταν το εισερχόμενο άζωτο ισούται με το εξερχόμενο και δεν παρατηρείται καμία αλλαγή στο βάρος του σώματος. Τα ζωικά κύτταρα χαρακτηρίζονται από την σταθερή δυναμική τους θέση όσο αναφορά τα συστατικά τους, τα οποία υπόκεινται συνεχώς σε αποσύνθεση και επανασύνθεση. Για το λόγο αυτό πρέπει να χορηγούνται 10 επαρκή αμινοξέα για να διατηρηθεί η σύνθεση του σώματος. Τα αμινοξέα προσλαμβάνονται από τα αποθέματα του σώματος για την σύνθεση πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων και άλλων συστατικών των κυττάρων και απομακρύνονται με υποβάθμιση μέσω οξειδωτικών οδών. Η αντικατάσταση αυτής της προμήθειας αμινοξέων αντιπροσωπεύει επομένως, την απόλυτη ελάχιστη απαίτηση, σε αμινοξέα της τροφής ή την απαίτηση σε πρωτεΐνη για συντήρηση.
- Μεθοδολογία: Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αποβολής του ενδογενούς αζώτου των ζώων. Δύο είδη μεθόδων έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των απωλειών αζώτου: Αρχικά η άμεση μέθοδος, η οποία υπολογίζει τη συνολική απώλεια μέσω των περιττωμάτων, των ούρων και των απωλειών από την εκπνοή, και δεύτερον η έμμεση μέθοδος, η οποία βασίζεται στην ανάλυση του σώματος. Τα ζώα λαμβάνονται, για τις μετρήσεις, είτε εφόσον δεν τους έχει χορηγηθεί τροφή ή εφόσον έχουν τραφεί με τροφές που δεν περιέχουν πρωτεΐνη ή με τροφές που περιέχουν μικρές ποσότητες πρωτεΐνης. Σε αυτή την περίπτωση η κατακράτηση αζώτου μπορεί να καταμετρηθεί μέσω της διαφοράς ανάμεσα στο άζωτο που καταναλώθηκε και το άζωτο που κατακρατήθηκε από το ζώο στο τέλος της πειραματικής περιόδου. Αυτά τα δεδομένα μπορεί επίσης να συνδυαστούν με δεδομένα αύξησης, τα οποία λήφθηκαν με την χορήγηση τροφής σε αυξανόμενες δόσεις, ούτως ώστε το εισερχόμενο άζωτο ή η προσλαμβανομένη πρωτεΐνη να έδινε μηδενική αύξηση.

- Απαιτήσεις για διατήρηση. Αν και πολλές, πολύ λίγες έρευνες επάνω στις απώλειες ενδογενούς αζώτου έχουν πειραματικά προσδιορίσει τις απαιτήσεις σε πρωτεΐνη για διατήρηση, με την χρήση συνθετικών ή ημισυνθετικών τροφών. Υπολογίστηκε ότι η απαίτηση για διατήρηση της ιριδίζουσας πέστροφας είναι 1.6 gr πρωτεΐνης / kg βάρους σώματος / ημέρα, με βάση στοιχεία που λήφθηκαν με την χορήγηση τροφής της οποίας το ιχθυάλευρο ήταν η μόνη πηγή πρωτεΐνης (Kaushik, 1981).

1.10.5 Απαιτήσεις σε αμινοξέα

Βασικά, για την σύνθεση της σωματικής πρωτεΐνης όλα τα αμινοξέα είναι απαραίτητα στο ίδιο βαθμό, καθώς η απουσία του καθενός από αυτά, θα μπορούσε να αναστείλει τελείως τις αντιδράσεις σύνθεσης πρωτεΐνης (Kaushik, 1998). Ωστόσο, από καθαρά διατροφική άποψη τα αμινοξέα κατατάσσονται σε τρεις ομάδες.

- **Τα απαραίτητα αμινοξέα (essential amino acid)**, η παρουσία των οποίων είναι υποχρεωτική στη διαίτησή. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Καραπαναγιωτίδης Ι., 2017):
 - Σε εκείνα που είναι άμεσα απαραίτητα, διότι είναι αδύνατο να συντεθούν. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται η λυσίνη, η θρεονίνη, για τα οποία η διαδικασία της τρανσαμίνωσης στον οργανισμό είναι αδύνατη.
 - Σε εκείνα που μπορούν να συντεθούν από πρόδρομες ουσίες, αλλά σε ρυθμούς αναποτελεσματικούς. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται η λευκίνη, η και η ισολευκίνη.
 - Σε εκείνα που μπορούν να συντεθούν δια μέσου των συνήθων μεταβολικών αντιδράσεων, αλλά σε ποσότητες ελάχιστες που είναι τελείως ανεπαρκείς για να καλύψουν τις πραγματικές ανάγκες των πτηνών. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται η αργινίνη και η ιστιδίνη.
- **Στα ημι-απαραίτητα αμινοξέα (semi- essential amino acids)**. Τα αμινοξέα αυτά μπορούν να συντεθούν από απαραίτητα αμινοξέα. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται η κυστεΐνη και η τυροσίνη, τα οποία προέρχονται από την μεθειονίνη, και την φαινυλαλανίνη, αντίστοιχα. Η κυστεΐνη συντίθεται από μεθειονίνη και σερίνη, οι οποίες κατατάσσονται στα απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα, αντίστοιχα. Η τυροσίνη συντίθεται κατά την πορεία υδροξυλίωσης της φαινυλαλανίνης, στην οποία πορεία είναι απαραίτητη η παρουσία του συνενζύμου φαινυλαλανίνη δεϋδροξυλάση. Μια ακόμη ειδική περίπτωση μπορεί να αναφερθεί εκείνη της υδροξυλυσίνης, η οποία βρίσκεται μόνο στο κολλαγόνο. Η βιοσύνθεση της λαμβάνει χώρα με υδροξυλίωση ειδικών υπολοίπων κολλαγόνου και με την παρουσία ειδικών ένζυμων.
- **Σε μη απαραίτητα ή κοινά αμινοξέα (non- essential or ordinary amino acids)**. Τα αμινοξέα της κατηγορίας αυτής συντίθεται εύκολα από τον οργανισμό των ζώων, είτε με τη χρησιμοποίηση

ενδιάμεσων μεταβολιτών, είτε από όμοια μη απαραίτητα αμινοξέα. Στα πρώτα συμπεριλαμβάνονται η αλανίνη, η γλυκίνη, η σερίνη, το ασπαρτικό και το γλυταμικό οξύ. Στα δεύτερα η γλουταμίνη (glutamine) και η ασπαραγίνη (asparagine).

Πίνακας 3: Κατάταξη αμινοξέων

Ελληνική ονομασία	Διεθνής σύντμηση	Ελληνική ονομασία	Διεθνής σύντμηση
Αλανίνη	Ala	Λευκίνη	Leu
Αργινίνη	Arg	Λυσίνη	Lys
Ασπαραγίνη	Asn	Μεθιονίνη	Met
Ασπαργανικό οξύ	Asp	Φαινυλαλανίνη	Phe
Κυστεΐνη	Cys	Προλίνη	Pro
Γλουταμίνη	Gln	Σερίνη	Ser
Γλυταμικό οξύ	Glu	Θρεονίνη	Thr
Γλυκίνη	Gly	Θρυπτοφάνη	Trp
Ιστιδίνη	His	Τυροσίνη	Tyr

Ισολευκίνη	Ile	Βαλίνη	Val
----------------------------	-----	------------------------	-----

1.10.6 Βέλτιστο επίπεδο πρωτεΐνης

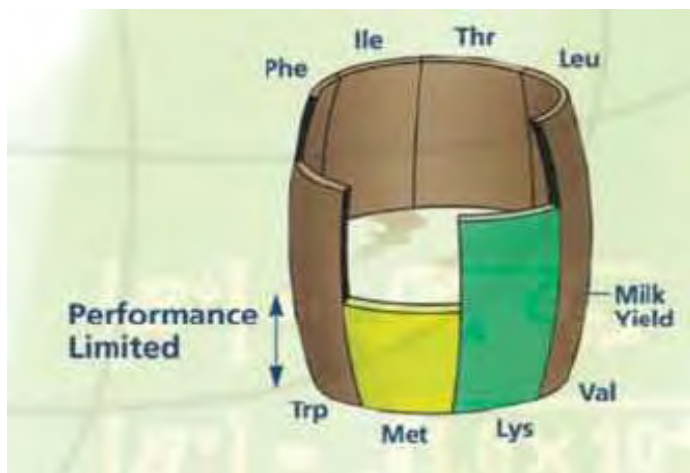
Απαραίτητα αμινοξέα (essential amino acids) είναι τα αμινοξέα τα οποία ο οργανισμός του ζώου δεν μπορεί να συνθέσει ή τα συνθέτει σε πολύ μικρές ποσότητες, οι οποίες δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες του. Ως εκ τούτου τα απαραίτητα αμινοξέα θα πρέπει ο οργανισμός να τα εξασφαλίσει από την τροφή, για να τα χρησιμοποιήσει στη σύνθεση της σωματικής πρωτεΐνης, ολοκληρώνοντας τη διαδικασία της ανάπτυξης. Όταν ένα από τα απαραίτητα αμινοξέα μιας τροφής δεν καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού σε αυτό, αναφέρεται ως οριακό αμινοξύ (limiting amino acid). Από διάφορες ερευνητικές εργασίες αποδείχθηκε ότι οι απαιτήσεις του οργανισμού σε απαραίτητα αμινοξέα είναι σχετικά σταθερές και μεταβάλλονται ελάχιστα, επηρεαζόμενες ενίοτε από το είδος του ζώου και από τις απαιτήσεις άλλων σημαντικών λειτουργιών του οργανισμού, όπως είναι η πέψη, η συντήρηση και η ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος. Ακόμη από εργασίες διαπιστώθηκαν επακριβώς οι ανάγκες για κάθε αμινοξύ για τη σύνθεση της σωματικής πρωτεΐνης. Έτσι, για κάθε συγκεκριμένο είδος ζώου και/ ή για κάθε φυσιολογικό στάδιο παραγωγής, προσδιορίστηκαν επακριβώς όλες οι απαιτήσεις σε αμινοξέα, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο άριστος ρυθμός ανάπτυξης. Η έννοια του άριστου συνδυασμού όλων των απαραίτητων αμινοξέων στη τροφή, συνήθως εκφράζεται ως βέλτιστη πρωτεΐνη (ideal protein).

Σε καθαρά πρακτικό επίπεδο, επειδή μεταξύ των απαραίτητων αμινοξέων, η λυσίνη είναι συνήθως το πρώτο ελλειμματικό αμινοξύ της τροφής, η ανάγκη του οργανισμού για κάθε απαραίτητο αμινοξύ, εκφράζεται σε σχέση με αυτή. Η βέλτιστη πρωτεΐνη ως εκ τούτου, αναπαρίσταται από ένα άριστο συνδυασμό απαραίτητων αμινοξέων, στον οποίο η συμμετοχή του κάθε αμινοξέος εκφράζεται ως αναλογία της περιεκτικότητας σε λυσίνη. Κάθε μια από τις αναλογίες μεταξύ του κάθε απαραίτητου αμινοξέος και της λυσίνης είναι σταθερή και μπορεί να ελεγχθεί άμεσα κατά την κατάρτιση του σιτηρεσίου.

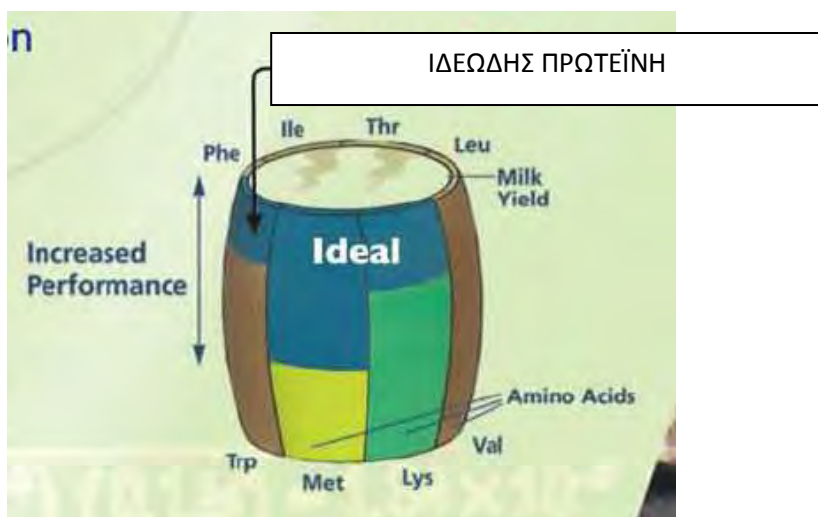
Πίνακας 4: Βέλτιστη πρωτεΐνη για χοίρους και πτηνά

Ιδεώδης πρωτεΐνη για χοίρους και πτηνά.					
Αμινοξύ	Πτηνά		Χοίροι		
	Κοτόπουλα & γαλοπούλες	Κότες αυγο/γής	Χοιρίδια	Παχυνόμενοι	Χοιρ/ρες
	%				
Λυσίνη	100	100	100	100	100
Θρεονίνη	>65	70	65	67-68	>70
Μεθειονίνη + κυστινη	75	85	60	60	60
Τρυπτοφάνη	17	24	22	18	24
Βαλίνη	80	90	70	68	>70
Ισολευκίνη	67	80	55	55	55
Αργινίνη	105	110	42	42	42

Η προσήλωση στην έννοια της βέλτιστης πρωτεΐνης στη διατροφή των χοίρων και των πτηνών, έχει διττή πρακτική σημασία διότι αφενός μεν συμβάλει στην κάλυψη των αναγκών και αφετέρου, αποτρέπει την πλεονάζουσα προσθήκη στο σιτηρέσιο απαραίτητων αμινοξέων. Όταν στο σιτηρέσιο προστίθενται πρώτες ύλες ζωοτροφών πλούσιες σε πρωτεΐνη, όπως για παράδειγμα το σογιάλευρο, τα απορροφημένα αμινοξέα μετά τη διαδικασία της πέψης είναι δυνατό να υπερκαλύπτουν τις ανάγκες του οργανισμού. Στην περίπτωση αυτή η πλειονότητα των αμινοξέων διασπάται μέσα στον οργανισμό και αποβάλλεται με τη μορφή αζωτούχων συστατικών μολύνοντας στη συνέχεια το περιβάλλον με τη μορφή νιτρικών αλάτων. Αντίθετα, λαμβάνοντας υπόψη τη βέλτιστη πρωτεΐνη κατά την κατάρτιση των σιτηρεσίων, η κάλυψη των αναγκών του οργανισμού σε απαραίτητα αμινοξέα είναι ακριβής και δεν προκύπτει καμία πλεονάζουσα ποσότητα αμινοξέος στον οργανισμό, η οποία θα μπορούσε να δημιουργήσει πρόβλημα ρύπανσης στο περιβάλλον (Νικολακάκης, 2011).



Εικόνα 1. Ελλειμματική σύνθεση αμινοξέων, δεν καλύπτονται οι ανάγκες των ζώων.



Εικόνα 2. Ιδανική σύνθεση αμινοξέων, καλύπτονται πλήρως οι ανάγκες των ζώων.

1.10.7 Διατροφικές απαιτήσεις ειδών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα

Πίνακας 5: Διατροφικές απαιτήσεις ειδών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα στις ζωοτροφές των οποίων συμπεριλαμβάνεται ο σίτος

Διατροφικές απαιτήσεις διαφόρων ειδών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα που στις ζωοτροφές τους συμπεριλαμβάνεται ο σίτος		
	Τσιπούρα	Γαλοπούλα
Πρωτεΐνη στο	Για ιχθύες >200γρ. απαιτείται 38%	Από 1 ^η – 11 ^η εβδομάδα απαιτείται

σιτηρέσιο	πρωτ. Για 20-200γρ. απαιτείται 38-45% Για 1-15γρ. απαιτείται 50-56%	22-28% πρωτ. Από 11 ^η -24 ^η εβδομάδα απαιτείται 14-19% πρωτ.
Αργινίνη	5,50γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,60% της συνολικής πρωτεΐνης
Βαλίνη	3,21γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,20% της συνολικής πρωτεΐνης
Μεθειονίνη	2,60γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,60% της συνολικής πρωτεΐνης
Θρεονίνη	2,98γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,10% της συνολικής πρωτεΐνης
Λευκίνη	4,75γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,90% της συνολικής πρωτεΐνης
Λυσίνη	5,13γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,60% της συνολικής πρωτεΐνης
Τρυπτοφάνη	0,75γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	0,26% της συνολικής πρωτεΐνης
Φαινυλαλανίνη	2,90γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	2,80% της συνολικής πρωτεΐνης
Ιστιδίνη	1,90γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	0,58% της συνολικής πρωτεΐνης
Ισολευκίνη	2,60γρ. στα 100γρ. πρωτεΐνης	1,10% της συνολικής πρωτεΐνης

(Kaushik, 1998).

1.11 Η περιεκτικότητα και η ποιότητα του σίτου σε πρωτεΐνη

Το σιτάρι περιέχει περίπου 12% πρωτεΐνη από αυτό το ποσοστό το 45% μόνο αποτελεί τη πέψιμη πρωτεΐνη που έχει την δυνατότητα να εκμεταλλευτεί ο οργανισμός. Η προσθήκη σιταριού στις περισσότερες ζωοτροφές κυμαίνεται από:

- 10-15% σε ζωοτροφές που προορίζονται για είδη στα πρώτα στάδια ανάπτυξης
- 15-30% σε ζωοτροφές που απευθύνονται σε μεταγενέστερα στάδια

Τα σαρκοφάγα είδη ιχθύων κατά κανόνα πρέπει να τρέφονται κυρίως με ζωοτροφές που τουλάχιστον το 60% της συνολικής πρωτεΐνης τους να έχει προέλθει από ζωικές πηγές π.χ. πτεράλευρα, ιχθυάλευρα, αιματάλευρα κ.α. (Robaina et al, 1994). Το υπόλοιπο 40% όμως μπορεί και έχει τεράστιο οικονομικό συμφέρον για τη βιομηχανία και τους παραγωγούς να αποτελεί πρωτεΐνη φυτικής προέλευσης. Ο σίτος και η σόγια αποτελούν τα συνηθέστερα φυτικά είδη που προστίθενται στις ζωοτροφές ως πηγή φυτικής πρωτεΐνης, με ποσοστά 12% και 46% αντιστοίχως (Gomez et al., 2003) και ως ενεργειακή πηγή σιτηρεσίου. Επιπρόσθετα το σιτάρι παρουσιάζει και αρκετά καλή ποιότητα πρωτεΐνης, στο παρακάτω πίνακα προβάλλονται τα αμινοξέα καθώς και το ποσοστό του (%) στο σύνολο της πρωτεΐνης.

Πίνακας 6: Ποιότητα πρωτεΐνης σε σίτο

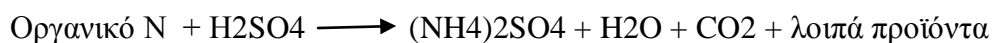
Ποιότητα πρωτεΐνης σίτου
Αργινίνη: 5,68%
Βαλίνη: 4,88%
Θρεονίνη: 2,99%
Ισολευκίνη: 3,58%
Λευκίνη: 7,47%
Ιστιδίνη: 2,40%
Λυσίνη: 3,22%
Μεθειονίνη: 1,59%
Τρυπτοφάνη: 2,13%
Φαινυλαλανίνη: 4,88%

Τα περισσότερα ζώα παρουσιάζουν υψηλές διατροφικές απαιτήσεις στη μεθειονίνη και τη λυσίνη για αυτό το λόγο και αρκετές φορές τα συγκεκριμένα αμινοξέα προστίθενται στη ζωοτροφή ως πρόσθετα για τη κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών όταν αυτές δεν ικανοποιούνται ποσοτικά από το σιτηρέσιο (προσθήκες άλλων πηγών που εμπεριέχουν τα συγκεκριμένα αμινοξέα).

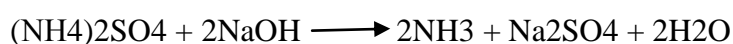
1.11.1 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών στο σίτο - Μέθοδος Kjeldahl

Αποτελεί τον τρόπο προσδιορισμού κατά AOAC (1995) των ολικών αζωτούχων ουσιών ενός δείγματος εργαστηριακά. Οι κύριες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην ανάλυση είναι:

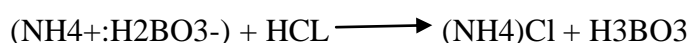
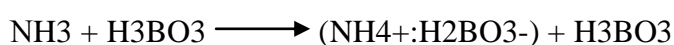
- Η Πέψη (Digestion), όπου αποτελεί βρασμό σε πυκνό θειικό οξύ, διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθέρωση αζώτου, δέσμευση αζώτου σε θειικό αμμώνιο.



- Απόσταξη (Distillation), όπου προστίθεται βάση στο όξινο διάλυμα της πέψης (καυστικό νάτριο), μετατροπή NH_4 σε NH_3 , δέσμευση NH_3 σε τελικό διάλυμα (διάλυμα βορικού οξέος)



- Τιτλοδότηση (Titration). Τιτλοδότηση (ογκομέτρηση) του διαλύματος με οξύ γνωστής συγκέντρωσης (HCL), προσδιορισμός αζώτου, προσδιορισμός πρωτεϊνών.



1.12 Η περιεκτικότητα του σίτου σε έλαιο, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία

Ο σίτος περιέχει περίπου 0,3% λάδι, τα λιπαρά οξέα όμως που εμπεριέχονται σε αυτό δεν εντάσσονται σε αυτά που τα περισσότερα είδη ζώων παρουσιάζουν υψηλή διατροφική απαίτηση όπως π.χ.: DHA (C22:6ω-3), EPA (C20:5ω-3), ARA (C20:4ω-6) (Montero et al., 2002). Τα λιπαρά οξέα που παρατηρούνται στο σίτο καθώς επίσης και οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία που εμπεριέχονται σε αυτόν παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Λιπαρά οξέα, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία σίτου

Λινελαϊκό οξύ (C18:2ω-6)	Λιπαρό οξύ 42,52% (του συνολικού ελαίου σίτου που προστίθεται στη ζωοτροφή)
α-Λινολενικό οξύ (C18:3ω-3)	Λιπαρό οξύ 5,63% (του συνολικού ελαίου σίτου που προστίθεται στη ζωοτροφή)
Ε ή τοκοφερόλη	Βιταμίνη Αντιοξειδωτική ουσία-Προστατεύει από οξείδωση λιπ. Οξέων, βιτ.Α.-η δράση της επηρεάζεται από Se και βιτ.С
Κ	Βιταμίνη Πηκτικότητα αίματος
Β1 ή θειαμίνη	Βιταμίνη Καταβολισμός υδατανθράκων-Νευρικούς ιστούς-Γονιμότητα
Β2 ή ριβοφλαβίνη	Βιταμίνη Μεταβολισμός πρωτεϊνών , λιπιδίων και υδατανθράκων-Όραση-Ενίσχυση αναπαραγωγικού συστήματος
Β3 ή νιασίνη	Βιταμίνη Μεταφορά H ⁺ στα κύτταρα(Δ.Σ. NADP)-Συμμετέχει σε μηχανισμούς οξειδωτικής φωσφορυλίωσης και αναπνευστικής αλυσίδας(Δ.Σ. NAD)
Β6 ή πυριδοξίνη	Βιταμίνη Απορρόφηση Fe και σχηματισμός ερυθρών αιμοσφαιρίων-

	Καταβολισμός αμινοξέων-Νευρικό σύστημα
B9 ή φολικό οξύ	Βιταμίνη Σχηματισμός ερυθρών αιμοσφαιρίων - Συνένζυμο στις μεταφορά ατόμων -C
Ινοσιτόλη	Βιταμίνη Σχηματισμός και υφή των κυττάρων-Μεταβολισμός των λιπιδίων-Αποτελεί συστατικό των φωσφολιπιδίων
Χολίνη	Βιταμίνη Μεταβολισμός των λιπιδίων-Συστατικό νευρομεταβιβαστή ακετυλοχολίνη-Σχηματισμός και υφή κυττάρων
Μαγνήσιο	Βασικό ιχνοστοιχείο Συμμετέχει σε ενζυμικές αντιδράσεις μεταβολισμού-Βρίσκεται στα οστά και στους μαλακούς ιστούς.
Φώσφορος	Βασικό ιχνοστοιχείο Μεταβολισμό υδατανθράκων(συμμετέχει στις ενώσεις ADP&ATP), πρωτεϊνών, λιπιδίων-Διατήρηση οξεοβασικής ισορροπίας-Βρίσκεται το 80% στα οστά, μαλακούς ιστούς, δόντια και το υπολοιπο σε φωσφοπρωτεΐνες, νουνλεοπρωτεΐνες, νουκλειικά οξέα και φωσφολιπίδια.
Σίδηρος	Ιχνοστοιχείο Βρίσκεται στο κυρίως στο αίμα-Το 90% του Fe είναι ενωμένο με πρωτεΐνες(αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη)-Συστατικό ενζυμικών συστημάτων(κυτόχρωμα, υπεροξειδάση, καταλάση)-Μετάφορα οξυγόνου στα κύτταρα.
Μαγγάνιο	Ιχνοστοιχείο Το Mn μετέχει σε ενζυμικά συστήματα(καρβοξυλάση, λιπάση)-Μεταβολισμό θρεπτικών ουσιών-Βρίσκεται στα οστά, μιτοχόνδρια.
Ψευδάργυρος	Ιχνοστοιχείο Ο Zn μετέχει σε ενζυμικά συστήματα(μεταβολισμός ΘΟ)-Συστατικό μεταλλοενζύμων-Ρύθμιση ενεργότητας ενζύμων

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η συγκεκριμένη μελέτη έχει ως στόχο την εφαρμογή διαφορετικών μεταχειρίσεων-λιπάνσεων στο σίτο έτσι ώστε να παρατηρηθεί κατά πόσο επηρεάζουν τη συνολική περιεκτικότητα αζωτούχων ουσιών στο συγκεκριμένο φυτό. Επίσης εξετάσθηκε κατά πόσο επηρεάζει η διαφορετική αυτή περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σιτάρι στη χρήση του ως πρώτη ύλη ζωοτροφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2. Διεξαγωγή πειράματος

Για τη διεξαγωγή του πειράματος και λίπανση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν οι εξής μεταχειρίσεις:

- 1 μεταχείριση συμβατικής λίπανσης (Λίπανσης που συνήθως χρησιμοποιείται στη καλλιέργεια σίτου).
- 2 μεταχειρίσεις λίπανσης με προϊόντα της εταιρείας Compro (Χρησιμοποιούνται συνδυασμοί προϊόντων της συγκεκριμένης εταιρείας)
- 1 καλλιέργεια μάρτυρας χωρίς λίπανση.

2.1 Λιπάσματα μεταχείρισης Compro

Τα λιπάσματα της εταιρεία Compro που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν τα παρακάτω:

➤ NovaTec 22-8-10

Ως βασική λίπανση, στη σπορά χρησιμοποιήθηκε το κοκκώδες NovaTec 22-8-10. Τα λιπάσματα NOVATEC αποτελούν τα ποιοτικά λιπάσματα COMPLESAL με τη προσθήκη ωστόσο του παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP.

Τα λιπάσματα COMPLESAL, διακρίνονται για τις ιδανικές αναλογίες των θρεπτικών μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων τους, αλλά και για την όμοια σύσταση τους σε κάθε κόκκο. Στα συγκεκριμένα λιπάσματα παρατηρείται ιδανική σχέση μεταξύ του αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου, το κάλιο και το μαγνήσιο προέρχονται αποκλειστικά από θειϊκό άλας και ο φώσφορος κυρίως από φωσφορικό οξύ. Επίσης στο προϊόν περιέχονται και τα βασικότερα ιχνοστοιχεία όπως ο σίδηρος, το βόριο και ο ψευδάργυρος σε αφομοιώσιμες από τα φυτά μορφές.

Στα λιπάσματα NovaTec η προσθήκη παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP συμβάλλει στη ποσοτική και ποιοτική βελτίωση της παραγωγής, όσο και στην ελαχιστοποίηση των απωλειών του αζώτου. Εδώ λοιπόν συναντώνται οι δύο από τις μεγαλύτερες και αναγνωρίσιμες τεχνολογίες αιχμής της βιομηχανίας των λιπασμάτων. Ο DMPP προσροφάται άμεσα από το λίπασμα με αποτέλεσμα τη καλύτερη κάλυψη του κόκκου και επίσης συντελεί στη βελτίωση του χρόνου ωρίμανσης, στην άμεση ενσάκκιση και κυρίως στην υψηλή αποτελεσματικότητα λιπάσματος, ακόμη και με χαμηλότερες δόσεις εφαρμογής διότι η δράση του εξαρτάται από την θερμοκρασία και την υγρασία.

Κατά συνέπεια τα λιπάσματα NovaTec προσφέρουν: Άριστη και ομαλή τροφοδοσία αζώτου, αύξηση αμμωνιακής θρέψης, μειωμένες απώλειες αζώτου, προστασία εδάφους και υδροφόρου ορίζοντα από νιτρικά, μείωση νιτρικών σε εδάφιμα μέρη των φυτών, καλύτερη πρόσληψη φωσφόρου και ιχνοστοιχείων.

Το NovaTec 22-8-10 + B, Zn που χρησιμοποιήσαμε θεωρείται δανικό για τη συγκεκριμένη μελέτη που είναι υψηλές οι απαιτήσεις σε άζωτο και κάλιο και λιγότερο σε φώσφορο. Το συγκεκριμένο λίπασμα αποτελείται από:

- 22% N (10% νιτρικό και 12% αμμωνιακό)
- 8% P₂O₅, (υδατοδιαλυτός 6%)
- 10% K₂O (υδατοδιαλυτό)
- Ιχνοστοιχεία: 0,3%B, 0,1% Zn.

➤ **Easy Start B.S**

Τα Easy Start αποτελούν μικρο-κοκκώδη λιπάσματα με υψηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και ιχνοστοιχεία, είναι ειδικά σχεδιασμένα για την εφαρμογή μαζί με τη σπορά σε καλλιέργειες όπως χειμερινά σιτηρά, καλαμπόκι, ηλίανθος, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα κ.λπ. Το συγκεκριμένο προϊόν παρέχει άμεσα στο φυτό επαρκείς ποσότητες υδατοδιαλυτού φωσφόρου βοηθώντας την καλή ριζοβολία και αρχική ανάπτυξη των φυτών, ειδικά σε συνθήκες χαμηλής εδαφικής θερμοκρασίας. Περιέχει επίσης σίδηρο, μαγγάνιο και ψευδάργυρο βοηθώντας τις φωτοσυνθετικές διεργασίες και την καλύτερη αφομοίωση αζώτου. Το Easy Start TE Max + B.S 11-48-0 που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα μελέτη αποτελείται από:

- 11% N (11,0%)
- 48% P₂O₅ (46% υδατοδιαλυτός)
- Ιχνοστοιχεία : 0,6%Fe, 0,1% Mn, 1,0%Zn

Το συγκεκριμένο κοκκώδες λίπασμα με υψηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο και ιχνοστοιχεία περιέχει *Bacillus subtilis* που βοηθάει στην υγιή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Το μέγεθος κόκκου λιπάσματος κυμαίνεται από 0,5-1,5 mm και ως ενδεικτική δοσολογία προτείνονται τα 2-4 κιλά ανά στρέμμα ανάλογα με τη καλλιέργεια και τη πυκνότητα φύτευσης. Η εφαρμογή το Easy Start πρέπει να γίνεται μαζί με την σπορά σε ξεχωριστό δοχείο της σπαρτικής μηχανής.

➤ **Nutriseed**

Τα Nutriseed αποτελούν συμπυκνωμένα διαλυτά λιπάσματα με υψηλή περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο. Η συμβολή του ψευδαργύρου και της αυξίνης που περιέχει είναι καθοριστικά για τη βελτίωση της ανάπτυξης των ριζών στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Αποτελείται από:

- 34% Zn (42,5% ZnO)
- Αυξίνη 5.8 mg / L

➤ **Novatec 40**

Πρόκειται για υδατοδιαλυτό λίπασμα αζώτου με παρεμποδιστή νιτροποίησης (DMPP), κατάλληλο για κάθε καλλιέργεια. Το Novatec 40 αποτελείται από:

- 40% N (35,8% καρβαμιδικής μορφής, 4,2% αμμωνιακό)

➤ **Basfoliar 36 Extra**

Υγρό λίπασμα με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο (κυρίως καρβαμιδικής μορφής), μαγνήσιο και μαγγάνιο. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για τις εκτατικές καλλιέργειες στο στάδιο του αδελφώματος όταν εκτός από την υψηλή επιπλέον απαίτηση σε άζωτο υφίσταται και υψηλή ανάγκη σε μαγνήσιο και μαγγάνιο. Το Basfoliar 36 Extra αποτελείται από:

- 27% N (18,7% καρβαμιδικό, 3,6% αμμωνιακό, 4,7% νιτρικό)
- 3% Μαγνήσιο (MgO),
- Ιχνοστοιχεία : 1% Mn, 0,02% Fe, 0,2% Cu, 0,01% Zn, 0,02% B, 0,005% Mo.

Το συγκεκριμένο προϊόν διατίθεται σε συσκευασίες χαρτοκιβωτίου 6X2,5 λίτρα και σε δοχείο των 20 λίτρων. Η ενδεικτική δοσολογία για διαφυλλική εφαρμογή με συγκ. ψεκ. διαλ. % για χειμερινά σιτηρά και καλαμπόκι είναι 0,5 - 1 λίτρο/στρέμμα. Επίσης συνίσταται ειδικά για τις συγκεκριμένες καλλιέργειες να χρησιμοποιούμε το προϊόν μαζί με ζιζανιοκτόνα και μυκητοκτόνα με δόση 0,5 -1 λίτρο/στρέμμα και με ποσότητα ψεκαστικού διαλύματος 40 λίτρα / στρέμμα.

➤ **Basf. Triple Flow**

Τα Suspensions (εναιωρήματα) είναι προϊόντα υψηλής συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων και απόλυτης διαλυτότητας, ιδανικά για κάθε καλλιέργεια. Πρόκειται για σύγχρονες, καινοτόμες λύσεις για καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων και αποδόσεων. Θεωρείται ιδανικό για διαφυλλική εφαρμογή στο σιτάρι, το καλαμπόκι, τα πυρηνόκαρπα και τα κηπευτικά. Το Basf. Triple Flow αποτελείται από:

- 3% Μαγνήσιο
- 39% Θείο

2.2. Διεξαγωγή μεταχειρίσεων

1^η ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ COMPO

➤ **Βασική λίπανση 15-11-2016**

Εφαρμόστηκε ως βασική λίπανση, στη σπορά 1 δόση 20kg./στρ. από το NovaTec 22-8-10, κατά συνέπεια 4,4kg./στρ. αζώτου, 1,6kg./στρ. φωσφόρου και 2kg./στρ. καλίου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 620ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 20kg./στρ. στη συγκεκριμένη μελέτη το κόστος ήταν 12,4ευρώ/στρ.

Μαζί με το NovaTec 22-8-10 ως βασική λίπανση στη σπορά προστέθηκε και 1 δόση 2kg./στρ. από το Easy Start TE Max + B.S 11-48-0, κατά συνέπεια 0,22kg./στρ. αζώτου και 0,96kg./στρ.

φωσφόρου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 2500ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 2kg./στρ. το κόστος ήταν 5ευρώ/στρ.

➤ **Επιφανειακή λίπανση 17-3-2016**

Εφαρμόσθηκε ως επιφανειακή λίπανση, 1 δόση των 20kg./στρ. από το Novatec 40 (40-0-0), κατά συνέπεια 8kg./στρ. αζώτου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 471ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 20kg./στρ. το κόστος ήταν 9,42ευρώ/στρ.

➤ **Διαφυλλική λίπανση 11-4-2016**

Χρησιμοποιήθηκε ως διαφυλλική λίπανση, 1 εφαρμογή των 0,3kg./στρ. από το Basfoliar 36 Extra (27-0-0+3MgO+IXN), κατά συνέπεια 0,081kg./στρ. αζώτου και 0,009kg./στρ. μαγνησίου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 4620ευρώ/τόνο, συνεπώς για την εφαρμογή 0,3kg./στρ. το κόστος ήταν 1,39ευρώ/στρ.

Μαζί με το Basfoliar 36 Extra χρησιμοποιήθηκε ως διαφυλλική λίπανση και 1 δόση 0,075kg./στρ. από το Basfoliar Triple Flow, κατά συνέπεια 0,002kg./στρ. μαγνησίου και 0,029kg./στρ. θείου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 14500ευρώ/τόνο, συνεπώς για την εφαρμογή 0,075kg./στρ. το κόστος ήταν 1,09ευρώ/στρ.

Επιπρόσθετα στις 10-4-2016 προηγήθηκε της διαφυλλικής λίπανσης ζιζανιοκτονία.

2^η ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ COMPO

➤ **Βασική λίπανση 15-11-2016**

Εφαρμόσθηκε ως βασική λίπανση, στη σπορά 1 δόση 20kg./στρ. από το NovaTec 22-8-10, κατά συνέπεια 4,4kg./στρ. αζώτου, 1,6kg./στρ. φωσφόρου και 2kg./στρ. καλίου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 620ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 20kg./στρ. στη συγκεκριμένη μελέτη το κόστος ήταν 12,4ευρώ/στρ.

Μαζί με το NovaTec 22-8-10 ως βασική λίπανση στη σπορά προστέθηκε και 1 δόση 0,03kg./στρ. από το Nutriseed για την επικάλυψη του σπόρου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 4000ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 0,03kg./στρ. το κόστος ήταν 0,12ευρώ/στρ.

➤ **Επιφανειακή λίπανση 17-3-2016**

Εφαρμόσθηκε ως επιφανειακή λίπανση, 1 δόση των 20kg./στρ. από το NovaTec 40 (40-0-0), κατά συνέπεια 8kg./στρ. αζώτου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 471ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 20kg./στρ. το κόστος ήταν 9,42ευρώ/στρ.

➤ **Διαφυλλική λίπανση 11-4-2016**

Χρησιμοποιήθηκε ως διαφυλλική λίπανση, 1 εφαρμογή των 0,3kg./στρ. από το Basfoliar 36 Extra (27-0-0+3MgO+IXN), κατά συνέπεια 0,081kg./στρ. αζώτου και 0,009kg./στρ. μαγνησίου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 4620ευρώ/τόνο, συνεπώς για την εφαρμογή 0,3kg./στρ. το κόστος ήταν 1,39ευρώ/στρ.

Μαζί με το Basfoliar 36 Extra χρησιμοποιήθηκε ως διαφυλλική λίπανση και 1 δόση 0,15kg./στρ. από το Basfoliar Triple Flow, κατά συνέπεια 0,005kg./στρ. μαγνησίου και 0,059kg./στρ. θείου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 14500ευρώ/τόνο, συνεπώς για την εφαρμογή 0,15kg./στρ. το κόστος ήταν 2,18ευρώ/στρ.

Επιπρόσθετα στις 10-4-2016 προηγήθηκε της διαφυλλικής λίπανσης ζιζανιοκτονία.

3^η ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

➤ Βασική λίπανση 15-11-2016

Εφαρμόστηκε βασική λίπανση (N-P-K, 20-10-10), στη σπορά 1 δόση 25kg./στρ., κατά συνέπεια 5kg./στρ. αζώτου, 2,5kg./στρ. φωσφόρου και 2,5kg./στρ. καλίου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 600ευρώ/τόνο, συνεπώς για την εφαρμογή 25kg./στρ. το κόστος ήταν 15ευρώ/στρ.

➤ Επιφανειακή λίπανση 17-3-2016

Εφαρμόστηκε ως επιφανειακή λίπανση, 1 δόση των 30kg./στρ. νιτρικής αμμωνίας (34,5-0-0), κατά συνέπεια 10,35kg./στρ. αζώτου. Η τιμή του λιπάσματος είναι 400ευρώ/τόνο συνεπώς για την εφαρμογή 30kg./στρ. το κόστος ήταν 12ευρώ/στρ.

4^η ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΜΑΡΤΥΡΑ

Δεν έγινε καμία προσθήκη λιπάσματος.

2.3 Κοπή – Ξήρανση – Αλεση - Ζύγιση

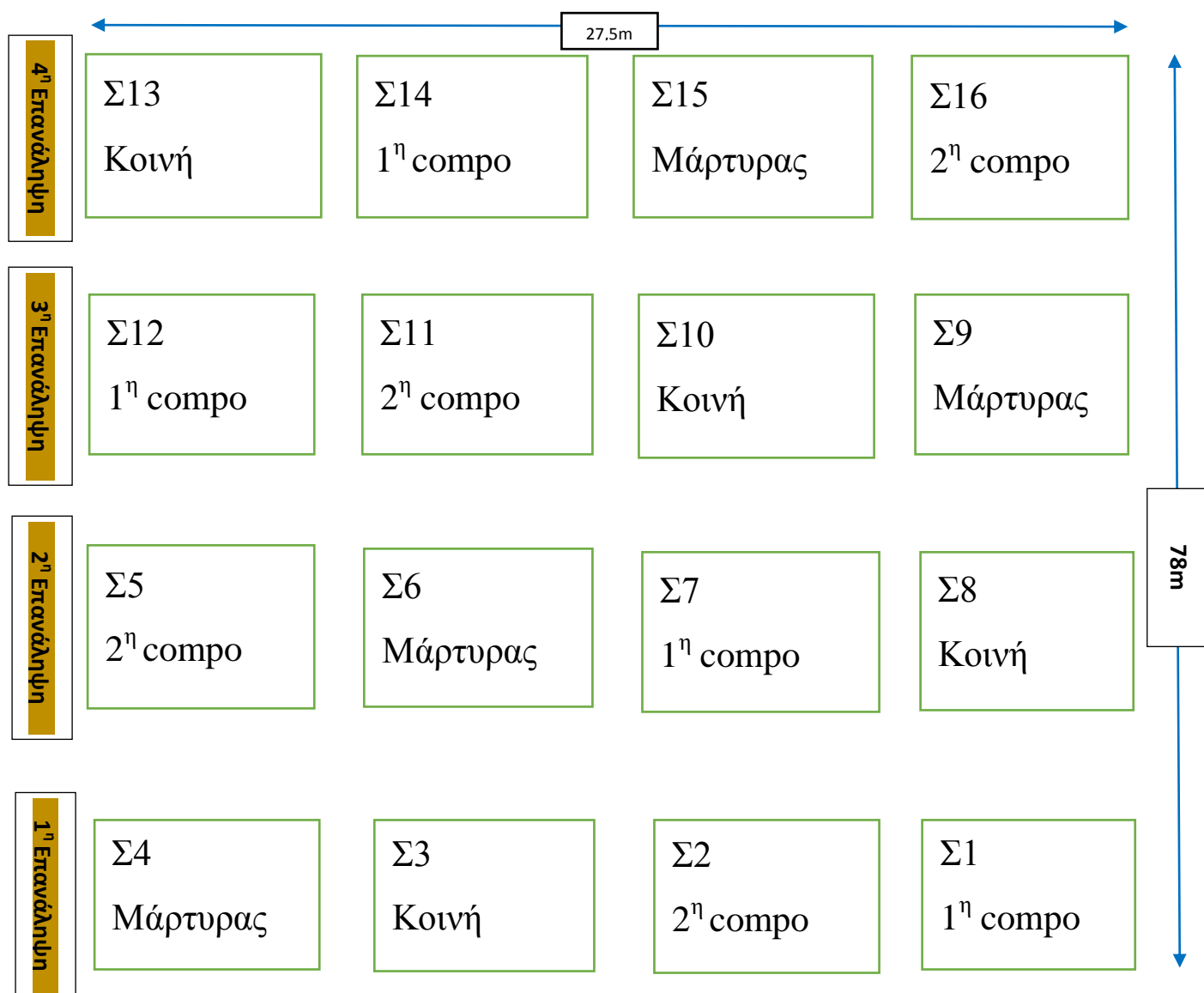
Για τη λήψη αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν 3 καταστροφικές δειγματοληψίες σε διαφορετικό φαινολογικό στάδιο του φυτού όπου διαφέρουν το συνολικό άζωτο-συνολική πρωτεΐνη του σιταριού καθώς επίσης και τα αμινοξέα που την απαρτίζουν. Γεγονός ιδιαίτερης σημασίας όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το σιτάρι ως πρώτη ύλη για τη παραγωγή ζωοτροφών.

- 1^η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 17-3-2016
- 2^η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 3-5-2016
- 3^η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 26-5-2016

Ελήφθησαν 16 δείγματα από την κάθε δειγματοληψία, συνεπώς συνολικά 48 δείγματα χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση.

Για την ορθότητα των αποτελεσμάτων και χρήση στατιστικής ανάλυσης το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν τυχοποιημένες πλήρεις ομάδες τεμαχίων (Randomized Complete Blocks, RCB). Η συνολική έκταση της καλλιέργειας ήταν 78X27,5=2,145στρ. Η διεξαγωγή των μεταχειρίσεων στο χωράφι έγινε ως εξής.

Εικόνα 3: Διεξαγωγή μεταχειρίσεων στο χωράφι



Τα 48 δείγματα αφού ελήφθησαν μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, τεμαχίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε ειδικά δοχεία ζύγισης. Εν συνεχεία ζυγίστηκαν μαζί με το δοχείο ώστε να έχουμε το συνολικό βάρος πριν τη ξήρανση. Έπειτα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε εργαστηριακό κλίβανο ξήρανσης για 48 ώρες. Ακολούθησε η άλεση και η επαναζύγιση τους ώστε να υπολογιστεί το καθαρό βάρος αλλά και η υγρασία που έχασε κάθε δείγμα.

2.4 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

2.4.1 Μέθοδος Kjeldahl

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών στο συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο kjeldahl, η περιγραφή των σταδίων της συγκεκριμένης διαδικασίας καθώς επίσης και τα μέτρα ασφάλειας της μεθόδου αναλύονται στα παρακάτω υποκεφάλαια.

2.4.2 Αντιδραστήρια

Αντιδραστήρια που εφαρμόστηκαν:

- Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) καθαρότητας 96%
- Καταλύτης ταμπλέτες εμπορίου (ταμπλέτες της Tecator, Kjeltabs Se/3,5)
- Καυστικό νάτριο 40% (ζύγιση 400γρ. και διάλυση σε 1λ. νερό)
- Αμπούλα υδροχλωρικού οξέος (HCL) 0,1N (διάλυση μιας αμπούλας σε 1λ. νερό)
- Δείκτης ερυθρό του μεθυλίου (Methyl Red). Ζυγίζουμε 0,3γρ. Methyl Red και διαλύουμε σε 100ml αλκοόλης 95%
- Βορικό οξύ H_3BO_3 4% (ζύγιση 40γρ. και διάλυση σε 1lt νερό)
- Συσκευές και Όργανα
- Ζυγός
- Συσκευή πέψεως αζώτου
- Συσκευή αποστάξεως αζώτου
- Σωλήνες πέψεως της συσκευής Kjelttec 2000
- Κωνικές φιάλες των 300ml
- Προχοΐδα
- Ογκομετρικοί κύλινδροι 100-50-25ml
- Σιφόνιο πληρώσεως 25ml

2.4.3 Μεθοδολογία

2.4.3.1 Προετοιμασία δειγμάτων

Το βάρος του δείγματος εξαρτάται από την αναμενόμενη περιεκτικότητα του σε ολικές αζωτούχες ουσίες (π.χ. 0,2γρ. για πρωτεΐνες > 20%, 0,5γρ. για πρωτεΐνες 10-20% και 1γρ. για πρωτεΐνες < 10%). Στο συγκεκριμένο πείραμα ζυγίσαμε 200mg (0,2g) δείγματος αλεσμένο και καταγράψαμε το βάρος του. Αναλυτικότερα:

- Τοποθετήσαμε ένα μικρό κομμάτι αλουμινόχαρτο στο ζυγό ακριβείας και μηδενίσαμε.
- Ζυγίσαμε το δείγμα πάνω στο αλουμινόχαρτο.

- Μεταφέραμε το δείγμα στη φιάλη βρασμού της συσκευής kjeldahl
- Ξαναζυγίσαμε το άδειο πλέον αλουμινόχαρτο και αφαιρέσαμε από το βάρος του δείγματος την όποια διαφορά. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι ιδιαίτερα σημαντική για διάφορα δείγματα που δεν αποδεσμεύονται πλήρως π.χ. ιχθυοτροφές, σώμα ιχθύος, λεπτοαλεσμένες τροφές, κ.α.)

Σε κάθε φιάλη βρασμού προσθέσαμε:

- Δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl
- 15ml πυκνού H₂SO₄ χρησιμοποιώντας τον ειδικό δοσομετρητή.

2.4.3.2 Πέψη

Τα στάδια εφαρμογής της πέψης είχαν ως εξής:

- Αφού ολοκληρώσαμε την προετοιμασία των δειγμάτων και βάλαμε όλες τις φιάλες στη θέση τους στην ειδική βάση, τοποθετήσαμε τη βάση στη θέση ψύξης της συσκευής πέψης και προσθέσαμε το καπάκι με τις υποδοχές αναρρόφησης των αερίων πάνω από τη βάση και τις φιάλες.
- Θέσαμε σε λειτουργία τον απαγωγό και την ειδική παγίδα αερίων
- Τοποθετήσαμε τη βάση με τις φιάλες στη θέση βρασμού της συσκευής πέψης και θέσαμε σε λειτουργία τη συσκευή πέψης
- Επιλέξαμε και θέσαμε σε λειτουργία το επιθυμητό πρόγραμμα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου πειράματος
- Ρυθμίσαμε το πρόγραμμα μέσω του κουμπιού Program και για να ξεκινήσει πατήσαμε το RUN
- Η ανάλυση ιχθυοτροφών, ζωικών ή άλλων ιστών απαιτεί τη χρησιμοποίηση των προγραμμάτων 6 ή 7, τα οποία και ρυθμίσαμε ως εξής:

Στάδιο 1 ➡ Time 5min – Power 100% (Ζεσταίνεται η συσκευή).

Στάδιο 2 ➡ Time 20min – Power 55% (Φτάνουν τα δείγματα σε βρασμό χωρίς να κάνουν αφρό).

Στάδιο 3 ➡ Time 60min – Power 90% (Βρασμός σε υψηλή θερμοκρασία).

- Όταν τελειώσαμε το πρόγραμμα πέψης σβήσαμε τη συσκευή και τοποθετήσαμε τη βάση με τις φιάλες στη θέση ψύξης για να κρυώσουν για περίπου 20-30min, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

2.4.3.3 Απόσταξη

Τα στάδια εφαρμογής της απόσταξης είχαν ως εξής:

- Ανοίξαμε τη παροχή νερού, θέσαμε σε λειτουργία τη συσκευή απόσταξης (ON) και περιμέναμε μέχρι να σβήσει η ένδειξη «heating steam engine» και να εμφανιστεί το βασικό μενού.
- Τρέξαμε σε μια κενή φιάλη ένα manual πρόγραμμα (πρόγραμμα 5) μόνο με ατμό για να ζεσταθεί και να καθαριστεί η συσκευή (τοποθετήσαμε μια κενή φιάλη δείγματος και μια κενή κωνική για τη συγκέντρωση των υδροποιημένων υδρατμών).
- Τοποθετήσαμε την ίδια κενή φιάλη και την ίδια κωνική και τρέξαμε 2 φορές το πρόγραμμα 1. Εν συνεχεία τοποθετήθηκαν ένα ένα όλα τα δείγματα.
- Τοποθετήσαμε τη φιάλη με το δείγμα μας στην ειδική θέση της συσκευής προσέχοντας να εφαρμόζει σωστά στη βάση της αλλά και στο στόμιο της στην επαφή με το λάστιχο της συσκευής.
- Εφαρμόσαμε μια κωνική φιάλη (στην οποία είχαμε προσθέσει το δείκτη) στην ειδική θέση της συσκευής για την υποδοχή της αμμωνίας στο διάλυμα του βορικού οξέος.
- Επιλέξαμε το επιθυμητό πρόγραμμα (πρόγραμμα 1) και πατήσαμε το start για να ξεκινήσει
- Η συσκευή πρόσθεσε μόνη της H_2O και $NaOH$ στο δείγμα, καθώς και H_2BO_3 στην κωνική φιάλη, θέρμανε το δείγμα και έκανε την απόσταξη στις ποσότητες και τους χρόνους που είχαμε επιλέξει στο πρόγραμμα μας. Για την ανάλυση ιχθυοτροφών, ζωικών ή άλλων ιστών κλπ. Χρησιμοποιείται το πρόγραμμα 2, το οποίο ρυθμίζεται ως εξής: $H_2O \rightarrow 100ml$, $NaOH \rightarrow 80ML$, $H_2BO_3 \rightarrow 50ml$. Χρόνος απόσταξης $\rightarrow 6min$, χρόνος αναρρόφησης υπολειμμάτων $\rightarrow 30sec$. Όταν τελείωσε το πρόγραμμα απόσταξης απομακρύναμε την φιάλη από τη συσκευή. Τη κωνική φιάλη με το βορικό οξύ και την δεσμευμένη αμμωνία τη χρησιμοποιήσαμε για τιτλοδότηση.

2.4.3.4 Τιτλοδότηση

Τα στάδια τιτλοδότησης εφαρμόστηκαν ως εξής:

- Τοποθετήσαμε με προσοχή την κωνική φιάλη στη βάση του ειδικού δοσομετρητή τιτλοδότησης.
- Στην κωνική φιάλη τοποθετήσαμε ένα μαγνήτη και το θέσαμε σε περιστροφή από τη συσκευή ώστε να ανακινείται το διάλυμα.
- Γεμίσαμε τον ειδικό δοσομετρητή με δεκατοκανονικό διάλυμα (0,1N) HCl και μηδενίσαμε την ένδειξη στην οθόνη.
- Προσθέσαμε με αργό ρυθμό το οξύ προσέχοντας για την αλλαγή χρώματος στο διάλυμα.
- Μόλις το χρώμα άλλαξε (επανήλθε στο αρχικό) σταματήσαμε και καταγράψαμε την ένδειξη του δοσομετρητή (ml HCL που προστέθηκαν).

Εικόνα 4: Όργανα προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών δειγμάτων



2.4.4 Υπολογισμός αζωτούχων ουσιών

- Η περιεκτικότητα του δείγματος σε N (%) υπολογίζεται από τη σχέση

$$N\% = (\text{ml HCL} - \text{ml Blank}) \times N_{\text{διαλ. HCL}} \times 0,014007 \times 100 / \text{Βάρος δείγματος, g}$$

- Η περιεκτικότητα του δείγματος σε πρωτεΐνη (%) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Πρωτεΐνη\%} = N\% \times 6,25$$

Όπου, ο συντελεστής 5,83 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16%N.

Συνεπώς (για N διαλ. HCL=0,1)

$$\text{Πρωτ.\%} = (\text{ml HCL} - \text{ml Blank}) \times 0,14007 \times 6,25 / \text{Βάρος Δείγματος, g}$$

Με βάση τον παραπάνω τύπο προσδιορίστηκε το ποσοστό πρωτεΐνης στη συγκεκριμένη πειραματική μελέτη

Πίνακας 8: Προσδιορισμός πρωτεΐνης 1^{ης} δειγματοληψίας

1 ^η Καταστροφική Δειγματοληψία – Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων - Πρωτεΐνης	
Δείγμα με κατάλληλη διαχείριση	Ποσοστό πρωτεΐνης %
Σ1 – 1 ^η compo	30,44
Σ2 – 2 ^η compo	27,98
Σ3 – Συμβατική, κοινή	27,52

Σ4 – Μάρτυρας	17,8
Σ5 – 2 ^η compo	30,78
Σ6 - Μάρτυρας	27,47
Σ7 – 1 ^η compo	29,44
Σ8 – Κοινή	22,04
Σ9 – Μάρτυρας	26,71
Σ10 – Κοινή	25,97
Σ11 – 2 ^η compo	29,31
Σ12 – 1 ^η compo	29,80
Σ13 – Κοινή	28,00
Σ14 – 1 ^η compo	28,52
Σ15 - Μάρτυρας	27,74
Σ16 – 2 ^η compo	28,29

Πίνακας 9: Προσδιορισμός πρωτεΐνης 2^{ης} δειγματοληψίας

2^η Καταστροφική Δειγματοληψία – Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων - Πρωτεΐνης	
Δείγμα με κατάλληλη διαχείριση	Ποσοστό πρωτεΐνης %
Σ1 – 1 ^η compo	11,26
Σ2 – 2 ^η compo	10,11
Σ3 – Συμβατική, κοινή	8,91
Σ4 - Μάρτυρας	9,03
Σ5 – 2 ^η compo	10,06
Σ6 - Μάρτυρας	8,83
Σ7 – 1 ^η compo	9,80
Σ8 – Κοινή	9,72
Σ9 – Μάρτυρας	9,31
Σ10 – Κοινή	8,59
Σ11 – 2 ^η compo	10,31
Σ12 – 1 ^η compo	10,48
Σ13 – Κοινή	8,03
Σ14 – 1 ^η compo	10,24
Σ15 - Μάρτυρας	8,05

Σ16 – 2 ^η compo	10,98
----------------------------	-------

Πίνακας 10: Προσδιορισμός πρωτεΐνης 3^{ης} δειγματοληψίας

3^η ΚΟΠΗ – Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων - Πρωτεΐνης	
Δείγμα με κατάλληλη διαχείριση	Ποσοστό πρωτεΐνης%
Σ1 – 1 ^η compo	10,80
Σ2 – 2 ^η compo	10,25
Σ3 – Συμβατική, κοινή	9,86
Σ4 - Μάρτυρας	9,73
Σ5 – 2 ^η compo	10,66
Σ6 - Μάρτυρας	7,85
Σ7 – 1 ^η compo	10,19
Σ8 – Κοινή	9,80
Σ9 – Μάρτυρας	8,30
Σ10 – Κοινή	9,69
Σ11 – 2 ^η compo	10,72
Σ12 – 1 ^η compo	11,62
Σ13 – Κοινή	8,86
Σ14 – 1 ^η compo	11,35
Σ15 - Μάρτυρας	9,30
Σ16 – 2 ^η compo	10,95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3. Αποτελέσματα πειραματικής ανάλυσης

3.1 Καθαρά βάρη δειγμάτων μετά τη ξήρανση και προσδιορισμός υγρασίας

Τα αποτελέσματα κάθε καταστροφικής δειγματοληψίας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 11: Καθαρό Βάρος μετά τη Ξήρανση

Καθαρό Βάρος μετά τη Ξήρανση			
Ονομασία Δείγματος	1 ^η Δειγματοληψία	2 ^η Δειγματοληψία	3 ^η Δειγματοληψία
Σ1	0,7	39,7	38,2
Σ2	0,9	46,4	44,9
Σ3	0,6	33,8	33,0
Σ4	0,6	38,3	37,4
Σ5	0,7	46,2	45,4
Σ6	0,8	40,7	40,2
Σ7	0,5	41,5	41,0
Σ8	1,2	47,1	46,2
Σ9	0,8	47,6	45,9
Σ10	0,55	49,0	47,5
Σ11	0,9	50,3	49,2
Σ12	0,55	39,8	37,8
Σ13	0,6	40,1	39,2
Σ14	0,8	43,8	42,4
Σ15	0,85	42,4	40,9
Σ16	1,07	42,5	41,6

Πίνακας 12: Προσδιορισμός υγρασίας 2^{ης} και 3^{ης} Δειγματοληψίας

Υγρασία		
Ονομασία Δείγματος	2 ^η Δειγματοληψία	3 ^η Δειγματοληψία
Σ1	18,7	16,8
Σ2	25,2	23,9
Σ3	12,7	12,0
Σ4	17,2	16,2
Σ5	24,9	24,0
Σ6	19,6	19,1
Σ7	20,6	20,2
Σ8	26,0	24,9
Σ9	26,3	24,8
Σ10	27,8	26,4

Σ11	29,0	28,3
Σ12	18,6	16,5
Σ13	19,2	17,9
Σ14	22,8	21,2
Σ15	21,6	19,8

3.2 Προσδιορισμός ml HCL τιτλοδότησης

Πίνακας 13: Προσδιορισμός βάρους Δείγματος για τιτλοδότηση

Ονομασία δείγματος	Βάρος Δείγματος 1^{ης} Δειγματοληψίας	Βάρος Δείγματος 2^{ης} Δειγματοληψίας	Βάρος Δείγματος 3^{ης} Δειγματοληψίας
Σ1	0,2151	0,2083	0,2157
Σ2	0,20585	0,2059	0,2103
Σ3	0,2188	0,2141	0,2186
Σ4	0,2203	0,2113	0,2034
Σ5	0,2042	0,2071	0,2185
Σ6	0,2192	0,2062	0,2185
Σ7	0,2105	0,2038	0,2200
Σ8	0,2176	0,2052	0,2107
Σ9	0,2058	0,2050	0,2067
Σ10	0,2083	0,2120	0,2042
Σ11	0,2204	0,2021	0,2091
Σ12	0,2021	0,2072	0,2020
Σ13	0,2088	0,2050	0,2135
Σ14	0,2173	0,2035	0,2052
Σ15	0,2234	0,2056	0,2033
Σ16	0,2005	0,2057	0,2127
Μάρτυρας			

Πίνακας 14: Αποτελέσματα τιτλοδότησης 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} Δειγματοληψίας

Ονομασία Δείγματος	ml HCL τιτλοδότησης 1^{ης} Δειγματοληψίας	ml HCL τιτλοδότησης 2^{ης} Δειγματοληψίας	ml HCL τιτλοδότησης 3^{ης} Δειγματοληψίας
-------------------------------	--	--	--

Σ1	7,7	2,9	2,9
Σ2	6,8	2,6	2,7
Σ3	7,1	2,4	2,7
Σ4	4,7	2,4	2,5
Σ5	7,4	2,6	2,9
Σ6	7,1	2,3	2,2
Σ7	7,3	2,5	2,8
Σ8	5,7	2,5	2,6
Σ9	6,5	2,4	2,2
Σ10	6,4	2,3	2,5
Σ11	7,6	2,6	2,8
Σ12	7,1	2,7	2,9
Σ13	6,9	2,1	2,4
Σ14	7,3	2,6	2,9
Σ15	7,3	2,1	2,4
Σ16	6,7	2,8	2,9
Μάρτυρας	0,25	0,25	0,27

3.3 Στατιστική ανάλυση του πειράματος

3.3.1 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 1^{ης} δειγματοληψίας

Πίνακες 15: Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 1^{ης} δειγματοληψίας

Πίν. 15.1

1η κοπή 1η κοπή Στατιστική Ανάλυση - ANOVA			
Δείγματα	Πρωτεΐνη %	Επανάληψη/Blocks	Μεταχείριση/Treatments
Σ1 – 1η compo - C1	30.44	1η	C1
Σ2 – 2η compo - C2	27.98	1η	C2
Σ3 – Συμβατική, κοινή - N	27.52	1η	N
Σ4 - Μάρτυρας - M	17.8	1η	M
Σ5 – 2η compo - C2	30.78	2η	C2
Σ6 - Μάρτυρας - M	27.47	2η	M
Σ7 – 1η compo - C1	29.44	2η	C1
Σ8 - Συμβατική, κοινή - N	22.04	2η	N
Σ9 – Μάρτυρας - M	26.71	3η	M
Σ10 - Συμβατική, κοινή - N	25.97	3η	N
Σ11 – 2η compo - C2	29.31	3η	C2
Σ12 – 1η compo - C1	29.8	3η	C1
Σ13 - Συμβατική, κοινή - N	28	4η	N
Σ14 – 1η compo - C1	28.52	4η	C1
Σ15 - Μάρτυρας - M	27.74	4η	M
Σ16 – 2η compo - C2	28.29	4η	C2

Πίν. 15.2

	comp1	comp2	N	M	Average	Variance
Block1	30.44	27.98	27.52	17.80	25.94	1.9477691
Block2	29.44	30.78	22.04	27.47	27.43	0.0103785
Block3	29.80	29.31	25.97	26.71	27.95	0.3805348
Block4	28.00	28.29	28.00	27.74	28.01	0.4581598
Average	29.42	29.09	25.8825	24.93	SUM Variance	2.7968422
Variance	4.3654879	3.0954004	2.097066	5.7630004	Total AVERAGE	27.330625

Πίν. 15.3

Treatments	Average	Variance
C1	29.42	4.3654879
C2	29.09	3.0954004
N	25.8825	2.097066
M	24.93	5.7630004
SUM of Variance		15.320955

Πιν. 15.4

Treatments	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
C1	9.6682129	4.4494629	6.0978129	1.4146129
C2	0.4216879	11.898188	3.9179254	0.9204004
N	0.0358629	27.990713	1.8513004	0.4480629
M	90.832813	0.0194254	0.3851754	0.1675879
Average	25.239644	11.089447	3.0630535	0.737666
SUM of Variance		160.51924		

Πιν. 15.5

Ανάλυση Παραλλακτικότητας - ANOVA						
	Βαθμοί Ελευθερίας	SS	MS	F	Ftable	
Επαναλήψεις/Blocks	3	11.18737	3.729123	0.381179	3.86	FALSE
Μεταχειρίσεις/Treatments	3	61.28382	20.42794	2.088081	3.86	FALSE
Σφάλμα	9	88.04806	9.783117			
Σύνολο	15	160.5192	10.70128			

3.3.2 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 2^{ης} δειγματοληψίας

Πίνακες 16: Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 2^{ης} δειγματοληψίας

Πιν. 16.1

2η κοπή 2η κοπή Στατιστική Ανάλυση - ANOVA			
Δείγματα	Πρωτεΐνη %	Επανάληψη/Blocks	Μεταχείριση/Treatments
Σ1 – 1η compo - C1	11.26	1η	C1
Σ2 – 2η compo - C2	10.11	1η	C2
Σ3 – Συμβατική, κοινή - N	8.91	1η	N
Σ4 - Μάρτυρας - M	9.03	1η	M
Σ5 – 2η compo - C2	10.06	2η	C2
Σ6 - Μάρτυρας - M	8.83	2η	M
Σ7 – 1η compo - C1	9.8	2η	C1
Σ8 - Συμβατική, κοινή - N	9.72	2η	N
Σ9 – Μάρτυρας - M	9.31	3η	M
Σ10 - Συμβατική, κοινή - N	8.59	3η	N
Σ11 – 2η compo - C2	10.31	3η	C2
Σ12 – 1η compo - C1	10.48	3η	C1
Σ13 - Συμβατική, κοινή - N	8.03	4η	N
Σ14 – 1η compo - C1	10.24	4η	C1
Σ15 - Μάρτυρας - M	8.05	4η	M
Σ16 – 2η compo - C2	10.98	4η	C2

Πιν. 16.2

	comp1	comp2	N	M	Average	Variance
Block1	11.26	10.11	8.91	9.03	9.83	0.128702
Block2	9.80	10.06	9.72	8.83	9.60	0.017889
Block3	10.48	10.31	8.59	9.31	9.67	0.041514
Block4	8.03	10.98	8.03	8.05	8.77	0.484764
Average	9.89	10.365	8.8125	8.805	SUM of Variance	0.672869
Variance	0.179564	0.803264	0.430664	0.440564	Total AVERAGE	9.46875

Πιν. 16.3

Treatments	Average	Variance
C1	9.89	0.179564
C2	10.365	0.803264
N	8.8125	0.430664
M	8.805	0.440564
SUM of Variance		1.854056

Πιν. 16.4

Treatments	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
C1	3.208577	0.109727	1.022627	0.594827
C2	0.411202	0.349577	0.707702	2.283877
N	0.312202	0.063127	0.772202	2.070002
M	0.192502	0.408002	0.025202	2.012852
Average	1.03112	0.232608	0.631933	1.740389
SUM of Variance		14.5442		

Πιν. 16.5

Ανάλυση Παραλλακτικότητας - ANOVA							LSD
	Βαθμοί Ελευθερίας	SS	MS	F	Ftable		
Επαναλήψεις/Blocks	3	2.691475	0.897158	1.819999	3.86	FALSE	
Μεταχειρίσεις/Treatments	3	7.416225	2.472075	5.014916	3.86	TRUE	1.131
Σφάλμα	9	4.4365	0.492944				
Σύνολο	15	14.5442	0.969613				

3.3.3 Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 3^{ης} δειγματοληψίας

Πίνακες 17: Έλεγχος παραλλακτικότητας αποτελεσμάτων 3^{ης} δειγματοληψίας

Πιν. 17.1

3η κοπή			
3η κοπή Στατιστική Ανάλυση - ANOVA			
Δείγματα	Πρωτεΐνη %	Επανάληψη/Blocks	Μεταχείριση/Treatments
Σ1 – 1η compo - C1	10.8	1η	C1
Σ2 – 2η compo - C2	10.25	1η	C2
Σ3 – Συμβατική, κοινή - N	9.86	1η	N
Σ4 – Μάρτυρας - M	9.73	1η	M
Σ5 – 2η compo - C2	10.66	2η	C2
Σ6 – Μάρτυρας - M	7.85	2η	M
Σ7 – 1η compo - C1	10.19	2η	C1
Σ8 – Συμβατική, κοινή - N	9.8	2η	N
Σ9 – Μάρτυρας - M	8.3	3η	M
Σ10 – Συμβατική, κοινή - N	9.69	3η	N
Σ11 – 2η compo - C2	10.72	3η	C2
Σ12 – 1η compo - C1	11.62	3η	C1
Σ13 – Συμβατική, κοινή - N	8.86	4η	N
Σ14 – 1η compo - C1	11.35	4η	C1
Σ15 – Μάρτυρας - M	9.3	4η	M
Σ16 – 2η compo - C2	10.95	4η	C2

Πιν. 17.2

	comp1	comp2	N	M	Average	Variance
Block1	10.80	10.25	9.86	9.73	10.16	0.1024
Block2	10.19	10.66	9.80	7.85	9.63	0.046225
Block3	11.62	10.72	9.69	8.30	10.08	0.0588062
Block4	8.86	10.95	8.86	9.30	9.49	0.1207563
Average	10.37	10.645	9.5525	8.795	SUM of Variance	0.3281875
Variance	0.278256	0.648025	0.082656	1.092025	Total AVERAGE	9.84

Πιν. 17.3

Treatments	Average	Variance
C1	10.37	0.278256
C2	10.645	0.648025
N	9.5525	0.082656
M	8.795	1.092025
SUM of Variance		2.100963

Πιν. 17.4

Treatments	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
C1	0.9216	0.1225	3.1684	2.2801
C2	0.1681	0.6724	0.7744	1.2321
N	0.0004	0.0016	0.0225	0.9604
M	0.0121	3.9601	2.3716	0.2916
Average	0.27555	1.18915	1.584225	1.19105
SUM of Variance		16.9599		

Πιν. 17.5

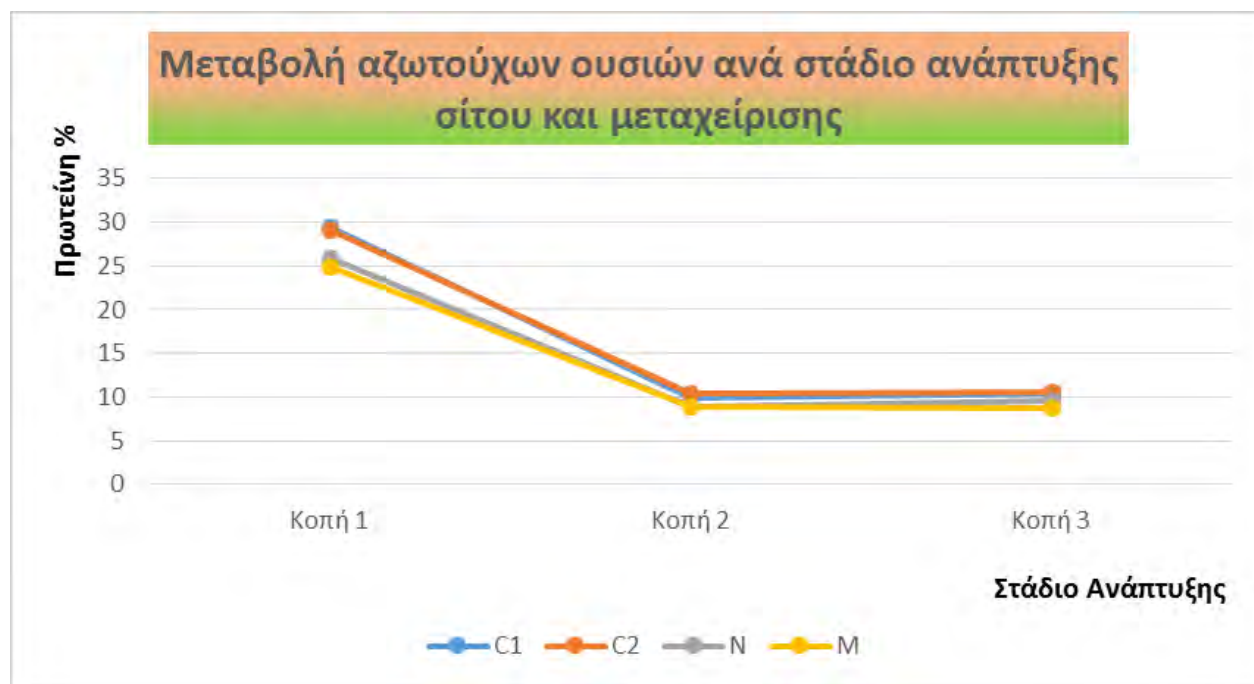
Ανάλυση Παραλακτικότητας - ANOVA						
	Βαθμοί Ελευθερίας	SS	MS	F	Ftable	
Επαναλήψεις/Blocks	3	1.31275	0.437583	0.543709	3.86	FALSE
Μεταχειρίσεις/Treatments	3	8.40385	2.801283	3.480672	3.86	FALSE
Σφάλμα	9	7.2433	0.804811			
Σύνολο	15	16.9599	1.13066			

3.4 Μεταβολή ποσοστού πρωτεΐνης ανά μεταχείριση και σταδίου ανάπτυξης σίτου

Πίνακας 18: Ποσοστό πρωτεΐνης ανά μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης φυτού

Ποσοστό πρωτεΐνης ανά μεταχείριση και στάδιο ανάπτυξης σίτου			
	Κοπή 1	Κοπή 2	Κοπή 3
C1	29.42	9.89	10.37
C2	29.09	10.365	10.645
N	25.8825	8.8125	9.5525
M	24.93	8.805	8.795

Εικόνα 5: Διάγραμμα μεταβολής αζωτούχων ουσιών ανά στάδιο ανάπτυξης σίτου και μεταχείρισης της καλλιέργειας



3.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3 καταστροφικές δειγματοληψίες σε διαφορετικό στάδιο φυσιολογίας του φυτού και με διαφορετικές μεταχειρίσεις στη καλλιέργεια του. Το συγκεκριμένο πείραμα δημιουργήθηκε ώστε να προσεγγίσουμε ποσοτικά τις μεταβολές των αζωτούχων ουσιών στο σιτάρι και το κατά πόσο επηρεάζει η συγκεκριμένη διαφοροποίηση τη χρήση του ως πρώτη ύλη ζωοτροφών. Τα επίπεδα αζώτου στο φυτό είναι σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του και μειώνονται σταδιακά, μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο που το ποσοστό πρωτεΐνης του φυτού σταθεροποιείται (Παπακώστα, 1997), η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί αυτή της τελευταίας καταστροφικής δειγματοληψίας.

Με βάση τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας έντονο ενδιαφέρον παρατηρήθηκε στις ειδικές μεταχειρίσεις της εταιρείας compro που κατά συντριπτική πλειοψηφία παρουσίασαν τα υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης στα δείγματα τους σε όλες τις καταστροφικές δειγματοληψίες συγκριτικά με αυτά της συμβατικής και του μάρτυρα. Ειδικότερα στη 2^η δειγματοληψία επιβεβαιώνεται και στατιστικά η διαφορά στο ποσοστό πρωτεΐνης των δειγμάτων της εταιρείας compro με τα δείγματα της συμβατικής και του μάρτυρα. Συγκεκριμένα η διαφορά στο ποσοστό πρωτεΐνης των μεταχειρίσεων compro1 και compro2 συγκριτικά με τη συμβατική και των μάρτυρα είναι σημαντική ($F=5,015 > F_{table}=3,86$). Συνεπώς επιβεβαιώνεται η τάση διαφοροποίησης των

συγκεκριμένων δειγμάτων από αυτά της συμβατικής και του μάρτυρα, ωστόσο η διαφορά αυτή στατιστικά δε θεωρείται σημαντική ($LSD < 1,3$). Στη 1^η και 3^η δειγματοληψία τα υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης παρατηρήθηκαν στα δείγματα της εταιρείας compo 1 και compo 2, εν συνεχεία στα δείγματα της συμβατικής και τέλος στου μάρτυρα. Η ανάλυση παραλλακτικότητας για τη 1^η και 3^η δειγματοληψία δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά στη πρωτεΐνη δειγμάτων που έχουν επέλθει από διαφορετική λίπανση.

Με βάση τους πίνακες τιτλοδότησης και τελικού προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών κάθε δείγματος τα υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης παρατηρήθηκαν στα δείγματα της μεταχείρισης compo1, με μικρές διαφορές ακολουθούν αυτά της compo2, εν συνεχεία με εμφανείς αποκλίσεις τα δείγματα της συμβατικής λίπανσης και τέλος αυτά του μάρτυρα. Οι διαχειρίσεις compo1 και compo2 είχαν ελάχιστες διαφοροποιήσεις. Στη compo1 μαζί με το NovaTec 22-8-10 ως βασική λίπανση στη σπορά προστέθηκε και 1 δόση 2κ./στρ. από το Easy Start TE Max + B.S 11-48-0, ενώ στη μεταχείριση compo2 μαζί με το NovaTec 22-8-10 ως βασική λίπανση στη σπορά προστέθηκε και 1 δόση 0,03κ./στρ. από το Nutriseed. Ενδεχομένως η υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη να οφείλεται στο ότι στη compo1 παρατηρήθηκε περεταίρω προσθήκη αζώτου, φωσφόρου μέσω του Easy Start συγκριτικά με τη compo2 που προστέθηκαν ψευδάργυρος και αυξίνη για καλύτερη απορρόφηση και βελτίωση της ριζοβολίας μέσω του Nutriseed. Επιπρόσθετα η δόση του Basfoliar 36 Extra ως διαφυλλική λίπανση ήταν 0,075κ./στρ. και 0,15κ./στρ. στη compo1 και compo2 αντίστοιχα. Συνεπώς ενδέχεται και η διαφορετική δοσολογία του συγκεκριμένου θειούχου κατά βάση προϊόντος να συντέλεσε στη διαφορά περιεκτικότητας πρωτεΐνης στις 2 μεταχειρίσεις.

Ολοκληρώνοντας, τα αποτελέσματα τιτλοδότησης και τελικού προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών και στις 3 καταστροφικές δειγματοληψίες του συγκεκριμένου πειράματος συμφωνούν με τις βιβλιογραφικές αναφορές και επιβεβαιώνουν πως η γνώση των διατροφικών απαιτήσεων των ειδών εκτροφής καθώς επίσης και η μεθοδευμένη, με επιστημονική παρακολούθηση ανάπτυξη και καλλιέργεια των πρώτων υλών (στη συγκεκριμένη περίπτωση σίτου), που θα προστεθούν στο σιτηρέσιο είναι αυτές που καθορίζουν τη ποιότητα του σιτηρεσίου και το πρωτεϊνικό του περιεχόμενο.

3.6 Συζήτηση

Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα του σίτου σε πρωτεΐνη τόσο προσοδοφόρα ποιοτικά και οικονομικά η προσθήκη του ως πρώτη ύλη ζωοτροφών. Τα ζώα έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε αμινοξέα (Καραπαγιωτίδης, 2017), η κάλυψη αυτών των ποσοστών επιτυγχάνεται μέσα από το σιτηρέσιο (Νικολακάκης, 2011). Όσο υψηλότερα τα επίπεδα αζώτου ή τα επίπεδα πρωτεΐνης στο

σιτάρι, τόσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα του φυτού σε απαραίτητα για την επιβίωση του εκτρεφόμενου ζώου αμινοξέα (Νικολακάκης, 2011). Με τη προσθήκη για παράδειγμα σίτου πλούσιου σε αργινίνη στο σιτηρέσιο, ανέρχεται η συνολική περιεκτικότητα σε αργινίνη του σιτηρεσίου (Saolasivam J. Kaushik, 1998). Για αυτό κυρίαρχο ρόλο στη βιομηχανία ζωοτροφών αποτελεί η γνώση των διατροφικών απαιτήσεων του κάθε εκτρεφόμενου είδους. Η σύνθεση των ζωοτροφών πραγματοποιείται με προσθήκη πρώτων υλών στις οποίες έχουν γίνει αναλύσεις, έχουν γνωστοποιηθεί τα επίπεδα των θρεπτικών τους σε λίπος, ενέργεια, πρωτεΐνη, ιχνοστοιχεία κ.α. και αθροιστικά καλύπτουν τις διατροφικές απαιτήσεις του ζώου. Επίσης πρέπει να ελέγχονται και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ουσιών ή στοιχείων που προστίθενται στο σιτηρέσιο ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή απορρόφηση τους από τον οργανισμό του εκτρεφόμενου ζώου.

Ανεξάρτητα με την επιρροή της ίδιας της φυσιολογίας του σίτου, το στάδιο δηλαδή ανάπτυξης του στα επίπεδα αζώτου που το χαρακτηρίζουν, σημαντικό ρόλο παίζει και το περιβάλλον ανάπτυξης. Ειδικότερα οι μεταχειρίσεις στο σιτάρι κατά τη διάρκεια ανάπτυξης και καλλιέργειας του επηρεάζουν τη περιεκτικότητά του σε άζωτο όπως είδαμε εισαγωγικά βάση βιβλιογραφίας και στα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος. Σε γενικότερο πλαίσιο φυτά που μεταχειριστήκαν με συμβατική λίπανση παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα αζώτου από τους μάρτυρες, φυτά δηλ. στα οποία δεν παρεμβάλλαμε στην καλλιέργεια τους με προσθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002. Βιομηχανικά Φυτά - Βαμβάκι και υπόλοιπα κλωστικά Ελαιοδοτικά - Ζαχαρότευτλα - Καπνός, εκδόσεις Σταμούλη.

Γαλανοπούλου - Σενδούκα, Σ. 2003. Ειδική Γεωργία Ι. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής Και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

Γκόγκας Α., 2005, Οι ποικιλίες του μαλακού σιταριού του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε-Ι.ΣΙΤΗΡΩΝ. Επιστημονικό δελτίο: Νέα σειρά απ.4.

Δαναλάτος Ν.Γ. Οκτώβριος 2005. “Σημειώσεις ειδικής γεωργίας Ι” (χειμερινά σιτηρά και καρποδοτικά ψυχανθή), Βόλος.

Καραμάνος Α., 1992. <<Τα σιτηρά των Εύκρατων Κλιμάτων>>, Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα.

- Καραπαναγιωτίδης Ι., 2017. Σημειώσεις Διατροφής Υδροβίων Ζωικών Οργανισμών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Μπαλτάς Νίκος Κ. 1986. Ανάλυση της Προσφοράς Αγροτικών Προϊόντων :Σιτηρά.
- Νήτας, 2004. Διατροφή Αγροτικών Ζώων – Χημικές Αναλύσεις, Τμήμα Εκδόσεων ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Νικολακάκης Ι., 2011. Σημειώσεις Διατροφής ή Μονογαστρικών ζώων.
- Παπακώστα Δ., 1996. <<Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά)>>, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη. Υπηρεσία δημοσιευμάτων, σελ. 199.
- Παπακώστα Δ., 1997. <<Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά)>>, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπαναγιώτου, Ε. 2002. Οικονομική παραγωγής γεωργικών προϊόντων. Εκδ. Γράφημα. Θεσσαλονίκη. Πρακτικά Συμβουλίου Αγροτικής Πολιτικής Κεντρικής Μακεδονίας, 2002.
- Σφήκας Α.Γ. 1991. Ειδική Γεωργία Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά.
- Σφήκας Α., 1995. <<Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά>>, Α.Π.Θ., Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.
- Σώκος, Κ.Α., 2010. <<Αντίδραση τεσσάρων ποικιλιών σκληρού σιταριού [*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.] στην έλλειψη νερού και αζώτου>>. Μεταπτυχιακή διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή.
- Φασούλας Α.Κ -Φωτιάδη Ν.Α 1984. Αρχές της Επιστήμης των Καλλιεργούμενων Φυτών.
- Χα, Ι. Α., 2007. <<Στοιχεία Γενικής & Ειδικής Καλλιέργειας Κηπευτικών>>. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Εκδόσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γεωπονική Σχολή.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Amino Acid Metabolism* David A. Bender 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1985.
- AOAC, 1995. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Arlington, VA, USA, 16th ed.
- Autran, J. C., Abecassis, J., & Feillet, P. 1986. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheat. *Cereal Chemistry*, 63 (5):390-394.
- DeLong D C, Halver J E and Mertz E T. 1958 Nutrition of salmonid fishes. VI Protein requirements of Chinook salmon at two water temperatures; *J. Nutr.* 65 589–599.
- Dvorak, J., Deal, K.R., Luo, M.-C., You, F.M., Von Borstel, K., Dehghani, H., 2012. The origin of spelt and free-threshing hexaploid wheat. *Journal of Heredity* 103(3):426-441.

Effects of dietary incorporation of a co-extruded plant protein (rapeseed and peas) a growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of Rainbow trout. E. F. Games, G. Corraze kai S. Kaushik Aquaculture, 113 (1993), 339-353.

Feillet P. and Dexter J.E. 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. Pasta and Noodle Technology. J.E. Kruger, R.R.Matsuo, and J.W. Dick, Eds. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN, 95-131.

Feillet, P., J. Abecassis, J.C. Autran and T. Laignelet. 1996. Past and future trends of academic research on pasta and durum wheat. Cereal Foods World, 41 (2):205-212.

*Gomez-Requeni P., Mingano M., Caldach-Giner J.M., Medale F., Martin S.A.M., Haulihan D.F., Kaushik S., Perez-Sauche J., 2003. Protein growth performance, amino acid utilization and somatotrophic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea nream (*Sparus Aurata*).*

Harlan, J.R. 1981. The early history of wheat: Earliest traces to the sack of Rome. Pp. 1-19 in Wheat Science Today and Tomorrow (L.T. Evans and W.J. Peacock, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Huang S., Sirikhachornkit A., Su X., Faris J., Grill B., Haskelkorn R. and Gornicki P., (2002). Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the Triticum/Aegilops complex and the evolutionary history of polyploidy wheat. Proc Natl Acad Sci USA 99:8133-8138.

*Kaushik S., 1998. Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with the estimation of their IAA requirement profiles.*

Kislev, M.E., 1980. Triticum parvicoccum sp. Nov., the oldest naked wheat. Israel Journal of Botany, 28: 95-107.

Kosmas, C.S., Danalatos, N.G., Moustakas, N., Tsatiris, B., Kallianou, C., Yassoglou, N., 1993. The impacts of parent material and landscape position on drought and biomass production of wheat under semi-arid conditions. Soil Technology 6(4):337-349.

Lee, D.J. and Putnam, G.B., 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103 (6): 916-922.

Lelley, T., Stachel, M., Grausgruber, H., Vollmann, J. 2000. Analysis of relationships between Aegilops tauschii and the D genome of wheat utilizing microsatellites. Genome, 43(4):661-668.

Millikin. M.R. 1982. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency, and body composition of age-0 striped bass. Trans. Am. Fish. Soc. 111, 373-378.

- Millikin, M.R., 1983. *Interactive effects of dietary protein and lipids on growth and protein utilization of age-0 striped bass*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112, 185- 193.
- Montero D., Kalinowski T., Obach A., Robaina L. Tort, Caballero M. J., Izquierdo M.S., 2003. *Vegetable lipid sources for gilthead seabream (Sparus aurata): Effects on fish health*.
- Morris R. and E.R. Sears., 1967. *The cytogenetics of wheat and its relatives*. In: *Wheat and Wheat Improvement* K.S. Quisenberry and L.P. Reitz (Editors) American Society of Agronomy, Madison, Wisc.
- NRC, 1981. *Committee on Animal Nutrition*. National Academy Press, Washington D. C.
- Potential of Freeze - dried worm meal as a replacement For Fish meal in trout diet Formulations*
J.W. Hilton *Aquaculture*, 32 (1983), 277-283.
- Romaina L., Izquierdo M.S., Moyano F.J., Socorro J., Vergara J.M., Montero D., Fernandez H. – Palacios, 1994. *Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets of gilthead seabream (Sparus Aurata): nutritional and histological implications*.

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

- <http://www.ari.gov.cy/>
- <http://www.cerealinstitute.gr/>
- <http://chemeng.ntua.gr>
- <http://www.fao.org/>
- <http://geanet.gr/>
- <http://hva.gr>
- <http://www.livepedia.gr/>
- <http://www.opekepe.gr/>
- <http://www.sporoparagogi.gr/>
- <http://www.statistics.gr/>
- <http://wheatpedigree.net>
- <http://www.wikipedia.com/>